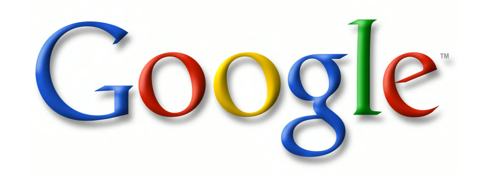


OSTWALD'S KLASSIKER
[DE]R EXAKTEN WISSENSCHAFTEN.
Nr. 128.

EXPERIMENTAL-UNTERSUCHUNGEN

ÜBER

ELEKTRICITÄT

VON

MICHAEL FARADAY.

XII. UND XIII. REIHE.

(1838)

WILHELM ENGELMANN IN LEIPZIG.

OSTWALD'S KLASSIKER
DER
EXAKTEN WISSENSCHAFTEN
8. Gebunden.

Es sind bis jetzt erschienen aus den Gebieten der

Physik und Astronomie:

Nr. 1. H. Helmholtz, Über d. Erhaltung der Kraft. (1847.) (60 S.) *M* —.80.

» 2 … irten Ver- … ings- und …) *M* —.80.

» 7 … Herausg.

» 10 … n Ströme.

» 11 … ionen üb. … u. 2. Tag … sg. v. A.

» 12 … mmels od. … runge des … gehandelt. …) *M* 2.40.

» 1? … 785-1786.) …) *M* 1.80.

» 20 … rausg. von

» 21 … r Elektro- … Ostwald.

» 2? … d. (142 S.)

» 24 … ionen über … im Text. … Oettin-

» 2? … 23 Fig. im … n A. von

» 31 … t gradibus luminis, colorum et umbrae). (1760.) Deutsch herausg. v. E. Anding. Erstes Heft: Theil I und II. Mit 35 Fig. im Text. (135 S.) *M* 2.—.

» 32. —— —— Zweites Heft: Theil III, IV und V. Mit 32 Figuren im Text. (112 S.) *M* 1.60.

» 33. —— —— Drittes Heft: Theil VI und VII. — Anmerkungen. Mit 8 Figuren im Text. (172 S.) *M* 2.50.

» 36. **F. Neumann,** Über ein allgemein. Princip der mathemat. Theorie inducirter elektr. Ströme. (1847.) Herausg. von C. Neumann. Mit 10 Fig. im Text. (96 S.) *M* 1.50.

» 37. **S. Carnot,** Betrachtungen üb. d. bewegende Kraft d. Feuers und die zur Entwickelung dieser Kraft geeigneten Maschinen. (1824.) Übersetzt und herausgegeben von W. Ostwald. Mit 5 Figuren im Text. (72 S.) *M* 1.20.

Nr. 40. **A. L. Lavoisier** u. **P. S. de Laplace,** Zwei Abhandlungen über die Wärme. (Aus den Jahren 1780 u. 1784.) Herausg. v. J. Rosenthal. Mit 13 Figuren im Text. (74 S.) ℳ 1.20.

» 44. Das Ausdehnungsgesetz der Gase. Abhandlungen von **Gay-Lussac, Dalton, Dulong** u. **Petit, Rudberg, Magnus, Regnault.** (1802–1842.) Herausg. von W. Ostwald. Mit 33 Textfiguren. (213 S.) ℳ 3.—.

» 52. **Aloisius Galvani,** Abhandlung üb. d. Kräfte der Electricität bei der Muskelbewegung. (1791.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 21 Fig. auf 4 Taf. (76 S.) ℳ 1.40.

» 53. **C. F. Gauss,** Die Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maass zurückgeführt. In der Sitzung der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 15. December 1832 vorgelesen. Herausgegeben von E. Dorn. (62 S.) ℳ 1.—.

» 54. **J. H. Lambert,** Anmerkungen und Zusätze zur Entwerfung der Land- und Himmelscharten. (1772.) Herausgegeben von A. Wangerin. Mit 21 Textfiguren. (96 S.) ℳ 1.60.

» 55. **Lagrange** u. **Gauss,** Abhandlungen über Kartenprojection. (1779 u. 1822.) Herausgeg. v. A. Wangerin. Mit 2 Textfig. (102 S.) ℳ 1.60.

» 56. **Ch. Blagden,** Die Gesetze der Überkaltung und Gefrierpunktserniedrigung. 2 Abhandlungen. (1788.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. (49 S.) ℳ —.80.

» 57. **Fahrenheit, Réaumur, Celsius,** Abhandlungen über Thermometrie. (1724, 1730—1733, 1742.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 17 Fig. im Text. (140 S.) ℳ 2.40.

» 59. **Otto von Guericke's** neue »Magdeburgische« Versuche über den leeren Raum. (1672.) Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen herausgegeben von Friedrich Dannemann. Mit 15 Textfiguren. (116 S.) ℳ 2.—.

» 61. **G. Green,** Ein Versuch, die mathematische Analysis auf die Theorieen der Elektricität und des Magnetismus anzuwenden. (Veröffentlicht 1828 in Nottingham.) Herausgegeben von A. v. Oettingen und A. Wangerin. (140 S.) ℳ 1.80.

» 63. **Hans Christian Oersted** und **Thomas Johann Seebeck,** Zur Entdeckung des Elektromagnetismus. (1820—1821.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. Mit 30 Textfiguren. (83 S.) ℳ 1.40.

» 69. **James Clerk Maxwell,** Über Faraday's Kraflien. (1855 u. 1856.) Herausgegeben von L. Boltzmann. (130 S.) ℳ 2.—.

» 70. **Th. J. Seebeck,** Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz. (1822—1823.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. Mit 33 Textfiguren. (120 S.) ℳ 2.—.

» 76. **F. E. Neumann,** Theorie der doppelten Strahlenbrechung, abgeleitet aus den Gleichungen der Mechanik. (1832.) Herausgegeben von A. Wangerin. (52 S.) ℳ —.80.

» 79. **H. Helmholtz,** 2 hydrodynamische Abhandlungen. I. Über Wirbelbewegungen. (1858.) — II. Über discontinuirliche Flüssigkeitsbewegungen. (1868.) Herausg. v. A. Wangerin. (80 S.) ℳ 1.20.

» 80. —— Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden. (1859.) Herausgegeben von A. Wangerin. (132 S.) ℳ 2.—.

» 81. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. I. u. II. Reihe. (1832.) Mit 41 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (96 S.) ℳ 1.50.

» 86. —— —— III. bis V. Reihe. (1833.) Mit 15 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (104 S.) ℳ 1.60.

» 87. —— —— VI. bis VIII. Reihe. (1834.) Mit 48 Figuren im Text. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (180 S.) ℳ 2.60.

» 93. **Leonhard Euler,** Drei Abhandlungen üb. Kartenprojection. (1777.) Herausg. von A. Wangerin. Mit 9 Fig. im Text. (78 S.) ℳ 1.20.

Nr. 96. **Sir Isaac Newton's** Optik oder Abhandlung über Spiegelungen, Brechungen, Beugungen und Farben des Lichts. (1704.) Übersetzt und herausgegeben von William Abendroth. I. Buch. Mit dem Bildniss von Sir Isaac Newton u. 46 Fig. im Text. (132 S.) ℳ 2.40.

» 97. —— —— II. u. III. Buch. Mit 12 Fig. im Text. (156 S.) ℳ 2.40.

» 99. **R. Clausius,** Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. (1850.) Herausgegeben von Max Planck. Mit 4 Figuren im Text. (55 S.) ℳ —.80.

» 100. **G. Kirchhoff,** Abhandlungen über Emission und Absorption: 1. Über die Fraunhofer'schen Linien. (1859.) — 2. Über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme. (1859.) — 3. Über das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Licht und Wärme. (1860—1862.) Herausgegeben von Max Planck. Mit dem Bildniss von G. Kirchhoff u. 5 Textfig. (41 S.) ℳ 1.—.

101. —— —— Abhandlungen über mechanische Wärmetheorie: 1. Über einen Satz der mechanischen Wärmetheorie u. einige Anwendungen desselben. (1858.) — 2. Bemerkung über die Spannung des Wasserdampfes bei Temperaturen, die dem Eispunkte nahe sind. (1858.) — 3. Über die Spannung des Dampfes von Mischungen aus Wasser und Schwefelsäure. Herausgegeben von Max Planck (48 S.) ℳ —.75.

» 102. **James Clerk Maxwell,** Über physikalische Kraftlinien. Herausgegeben von L. Boltzmann. Mit 12 Textfig. (147 S.) ℳ 2.40.

» 106. **D'Alembert,** Abhandlung über Dynamik, in welcher die Gesetze des Gleichgewichtes und der Bewegung der Körper auf die kleinstmögliche Zahl zurückgeführt und in neuer Weise abgeleitet werden, und in der ein allgemeines Princip zur Auffindung der Bewegung mehrerer Körper, die in beliebiger Weise aufeinander wirken, gegeben wird (1743). Übersetzt und herausgegeben von Arthur Korn. Mit 4 Tafeln. (210 S.) ℳ 3.60.

» 109. **Riccardo Felici,** Über die mathematische Theorie der electrodynamischen Induction. Übersetzt v. B. Dessau. Herausg. von E. Wiedemann. (121 S.) ℳ 1.80.

» 114. **Alessandro Volta,** Briefe über thierische Elektricität. (1792.) Herausg. v. A. J. von Oettingen. (162 S.) ℳ 2.50.

» 115. **Horace Bénédicte de Saussure,** Versuch über die Hygrometrie. I. Heft. (1783.) Mit einer Tafel und Vignette. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (168 S.) ℳ 2.60.

» 118. **Alessandro Volta,** Untersuchungen über den Galvanismus. (1796 bis 1800.) Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (99 S.) ℳ 1.60.

» 119. **Horace Bénédicte de Saussure,** Versuch über die Hygrometrie. II. Heft. (1783.) Mit zwei Figuren. Herausgegeben von A. J. von Oettingen. (170 S.) ℳ 2.40.

» 125. **John Mayow,** Untersuchungen über den Salpeter und den salpetrigen Luftgeist, das Brennen und das Athmen. Herausgegeben von F. G. Donnan. (56 S.) ℳ 1.—.

» 126. **Michael Faraday,** Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1835.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen IX. b. XI. Reihe. Mit 15 Figuren i. Text. (104 S.) ℳ 1.80.

» 128 —— —— Experimental-Untersuchungen über Elektricität. (Aus den Philosoph. Transact. f. 1838.) Herausgegeben von A. J. v. Oettingen. XII. und XIII. Reihe. Mit 29 Figuren im Text. (133 S.) ℳ 2.—.

Experimental-Untersuchungen

über

ELEKTRICITÄT

von

MICHAEL FARADAY.

(Aus den Philosoph. Transact. f. 1838.)

Herausgegeben

von

A. J. v. Oettingen.

XII. und XIII. Reihe.

Mit 29 Figuren im Text.

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1901.

5. Experimental-Untersuchungen über Elektricität

von

Michael Faraday.

Zwölfte Reihe[1]).

(Philosoph. Transact. f. 1838. — Pogg. Ann., Band XLVII.)

XVIII. Von der Vertheilung. (Fortsetzung.)

1318. Meinem Versprechen gemäss schreite ich nun dazu, die von mir aufgestellte Vertheilungstheorie (1165. 1295 u. s. w.) durch die grossen Thatsachen der Elektricitätslehre zu prüfen. Das Princip der Vertheilung ist so universell, dass es alle elektrischen Erscheinungen durchdringt; allein der allgemeine Fall, den ich jetzt vornehmen will, besteht in der bis zur Entladung gehenden und mit ihr endigenden Isolation, nebst den begleitenden Erscheinungen. Dieser Fall schliesst die verschiedenen Arten der Entladungen ein, so wie auch den Zustand und die Charaktere eines Stromes; die Elemente der magnetischen Action unter letzteren mitbegriffen. Wiewohl diese Abhandlungen nur experimentelle Untersuchungen geben sollen, so werde ich doch manchmal in die Nothwendigkeit versetzt werden, theoretisiren und selbst hypothetisiren zu müssen[2]). Indess hoffe ich, dass ich, in Betracht der Thatsachen und Versuche, die in der letzten Abhandlung zur Stütze der von mir aufgestellten Theorie enthalten sind, mir nicht zu viel erlaube oder mich nicht zu weit vom Charakter dieser Abhandlungen entferne, zumal ich jede sich mir darbietende Gelegenheit benutzen werde, um zum Experimente, dieser strengen Probe der Wahrheit, zurückzukehren.

1319. Bis jetzt wurde in diesen Aufsätzen die Vertheilung nur in Fällen von Isolation betrachtet. Der Isolation gegenüber steht die Entladung. Der Vorgang oder Erfolg, welcher durch den allgemeinen Ausdruck Entladung bezeichnet wird, kann, so weit wir gegenwärtig wissen, auf verschiedene Weisen geschehen. So begreift das, was wir Leitung nennen, keinen chemischen Process und, wie es scheint, auch keine Verschiebung der Theilchen. Eine zweite Art kann elektrolytische Entladung genannt werden; bei dieser findet ein chemischer Process statt, und die Theilchen müssen in gewissem Grade verschoben werden. Eine dritte Art, nämlich die in Funken und Lichtbüscheln (*brushes*, wörtlich: Bürsten) kann, wegen der heftigen Verrückungen der Theilchen des im Wege liegenden di-elektrischen Körpers, zerreissende Entladung (*disruptive discharge*) genannt werden. Eine vierte endlich liesse sich vielleicht einstweilen ganz passend durch die Benennungen: Fortführung oder fortführende Entladung (*convection* oder *carrying discharge*) unterscheiden, nämlich die, bei welcher die Entladung durch die fortführende Kraft (*carrying power*) der Theilchen von starren, flüssigen oder gasigen Körpern bewirkt wird. Künftig mögen vielleicht alle diese Arten als Wirkungen einer und derselben Ursache erscheinen, allein für jetzt erfordern sie eine gesonderte Betrachtung. Zunächst will ich von der ersten Art sprechen, denn unter allen Formen von Entladung scheint die, welche wir Leitung nennen, die einfachste und mit der Isolation am meisten in Contrast stehende zu sein.

7. Leitung oder Leitungsentladung.

1320. Obwohl Isolation und Leitung als wesentlich verschieden angenommen werden, so hat doch weder *Cavendish* noch *Poisson* durch seine Theorie zu erklären oder in derselben auch nur anzugeben versucht, worin der wesentliche Unterschied beider bestehe. Auch ich habe in dieser Hinsicht nichts zu bieten, ausgenommen, dass, nach meiner Theorie von der Vertheilung, sowohl diese als die Leitung von derselben Molecularaction des betreffenden di-elektrischen Mittels abhängt, beide nur äusserste Grade eines gemeinsamen Zustandes oder Effects sind, und in jeder genügenden mathematischen Theorie als Fälle gleicher Art betrachtet werden müssen. Hieraus erhellt, wie wichtig bei unserer Theorie das

Bestreben sei, den Zusammenhang zwischen ihnen nachzuweisen.

1321. Obgleich bei der Leidner Flasche die Wirkung des isolirenden Mittels sehr verschieden zu sein scheint von der des entladenden Drahts, so können sie doch verknüpft werden durch viele Zwischenglieder, die uns von der einen zur andern führen und, glaube ich, keinen nothwendigen Zusammenhang fehlen lassen.

1322. Wallrath ergab sich bei der Untersuchung als ein di-elektrisches Mittel, durch welches hin eine Vertheilung stattfinden kann (1240. 1246); sein specifisches Vertheilungsvermögen fanden wir ungefähr oder etwas über 1,8 (1279) und seine vertheilende Wirkung wurde wie in allen andern Substanzen als eine Wirkung angrenzender Theilchen betrachtet.

1323. Allein Wallrath ist auch ein Leiter, obgleich in so schwachem Grade, dass wir den Process der Leitung Schritt für Schritt durch seine Masse verfolgen können (1247), und selbst wenn die elektrische Kraft eine gewisse Strecke derselben durchwandert hat, können wir durch Entfernung der Zwangskraft (welche zugleich die Vertheilungskraft ist) bemerken, dass sie in ihrem Gange umkehrt und wieder an der früheren Stelle auftritt (1245. 1246). Hier scheint die Vertheilung eine nothwendige Vorläuferin der Leitung zu sein. Sie versetzt von selbst die angrenzenden Theilchen des di-elektrischen Körpers in einen gewissen Zustand, welcher, wenn er von denselben festgehalten wird, die Isolation ausmacht, wenn er aber durch Mittheilung von Kraft von einem Theilchen zum andern geschwächt wird, die Leitung darstellt.

1324. Glas und Schellack zeigen dieselbe Fähigkeit, entweder Vertheilung oder Leitung durch sich hin zu gestatten (1233. 1239. 1247), allein nicht in demselben Grade. Die Leitung verschwindet fast (1239. 1242); die Vertheilung, d. h. der Polarisationszustand, in welchen die Vertheilungskraft die an einander grenzenden Theilchen versetzt hat, wird also Stand halten, es findet nur eine geringe Ladung zwischen ihnen statt und daher ist die Isolation andauernd. Allein was hier Entladung ist, erscheint als eine Folge des Zustandes, in welchen die Theilchen durch die Vertheilung versetzt sind; und sonach sind die gewöhnliche Isolation und Leitung eng mit einander verknüpft oder vielmehr äusserste Fälle eines gemeinsamen Zustandes[3]).

1325. An Eis oder Wasser haben wir einen besseren Leiter als Wallrath, und die Erscheinungen der Vertheilung und Isolation verschwinden daher schnell, weil Leitung schnell auf die Annahme des Vertheilungszustandes folgt. Versieht man indess eine Platte kalten Eises auf beiden Seiten mit metallischen Belegen, verbindet den einen mit einer guten Elektrisirmaschine, und den andern mit dem Boden, so lassen sich die Erscheinungen der Vertheilung leicht beobachten, durch die elektrische Spannung die an beiden Belegen erhalten und unterhalten werden kann (419. 426). Denn obwohl der Kraftantheil, welcher in einem Moment die Theilchen in den Vertheilungszustand versetzt, im nächsten durch die von der Leitung bewirkte Entladung geschwächt wird, so folgt ihm doch sogleich ein anderer Krafttheil aus der Maschine, der den Vertheilungszustand wieder herstellt. Wenn das Eis in Wasser verwandelt worden, lässt sich dieselbe Folge von Vorgängen eben so leicht nachweisen, sobald nur das Wasser destillirt worden und (wenn die Maschine nicht kräftig genug ist) eine Volta'sche Säule angewandt wird.

1326. Alle diese Betrachtungen prägten mir tief die Ueberzeugung ein, dass Isolation und gewöhnliche Leitung nicht füglich getrennt werden können, wenn wir in ihre Natur, d. h. in das allgemeine Gesetz, welchem ihre Erscheinungen untergeordnet sind, eindringen wollen. Sie scheinen mir aus einer Wirkung aneinander grenzender Theilchen zu bestehen, die von den bei der Elektricitätserregung entwickelten Kräften abhängt. Diese Kräfte bringen die Theilchen in einen Spannungs- oder Polaritätszustand, welcher beides, die Vertheilung und die Isolation, ausmacht. In diesem Zustand befindlich, haben die aneinander grenzenden Theilchen ein Vermögen oder eine Fähigkeit, ihre Kräfte einander mitzutheilen; dadurch werden letztere geschwächt und es tritt Entladung ein. Alle Körper scheinen zu entladen (444), einige in grösserem, andere in geringerem Grade, und dadurch werden sie bessere oder schlechtere Leiter, schlechtere oder bessere Isolatoren. Vertheilung und Leitung scheinen eins zu sein in der Ursache und der Wirkung (1320), nur dass bei der letzteren ein beiden gemeinsamer Effect aufs Höchste gesteigert ist, der bei der ersteren, selbst in den besten Fällen, nur in ganz unmerklichem Grade vorkommt[4]).

1327. Dass wir bei unseren Versuchen in die Natur der elektrischen Action einzudringen und allgemeinere Gesetze als

die bisher bekannten abzuleiten uns bestreben müssen, widersprechende Erscheinungen in Einklang zu bringen, ist eine längst von den geschicktesten Physikern aufgestellte und sanctionirte Meinung. Ich hoffe daher entschuldigt zu sein, wenn ich versuche, die höchsten Fälle von Leitung als analog oder selbst gleichartig mit denen der Vertheilung und Isolation anzusehen.

1328. Betrachten wir das schwache Eindringen der Elektricität in Schwefel (1241. 1242) oder Schellack (1234), oder die schwächere Isolation des Wallraths als wesentliche Folgen und Anzeigen ihres Leitungsvermögens, dann können wir den Widerstand, den Metalldrähte dem Durchgang der Elektricität darbieten, als Isolationsvermögen ansehen. Unter den vielen wohlbekannten Fällen, welche diesen Widerstand in den sogenannten vollkommenen Leitern zu erweisen geeignet sind, passen die Versuche des Professors *Wheatstone* am besten für meinen Zweck, weil sie in so grossem Maassstabe ausgeführt sind, um darzuthun, dass Zeit ein Element zu den Bedingungen der Leitung sei, selbst in Metallen*). Als die Entladung durch einen 2640 Fuss langen und $\frac{1}{15}$ Zoll dicken Kupferdraht so bewerkstelligt ward, dass an beiden Enden und in der Mitte des Drahts die Funken an demselben Orte beobachtet werden konnten, zeigte sich der an der Mitte merklich später als die an den beiden Enden, die durch die Bedingungen des Versuchs gleichzeitig erscheinen mussten. Hier haben wir einen Beweis von Verzögerung, und aus welchem Grunde sollte diese Verzögerung nicht von gleicher Art sein wie die in Wallrath, Schellack oder Schwefel? Da aber in diesen Körpern Verzögerung Isolation ist, und Isolation Vertheilung, warum sollen wir uns weigern, dieselbe Beziehung für dieselben Kraftäusserungen in den Metallen anzunehmen?

1329. Erfahrung lehrt, dass mit der Zeit der Widerstand (*retardation*) überwältigt wird, und beim Wallrath, Schellack und Glas gleiche Resultate erhalten werden. Man lasse nur Zeit im Verhältniss zum Widerstand (*retardation*) und dieser wird zuletzt besiegt. Wenn aber dem so ist und alle Resultate gleicher Art sind, der einzige Unterschied nur in der Länge der Zeit besteht; warum sollten wir denn den Metallen die vorausgehende Vertheilungswirkung verweigern, die wir in allen andern Körpern annehmen? Die Verkürzung der Zeit

*) Philosoph. Transact. f. 1834, p. 583 (Ann. Bd. XXXIV, S. 464.

ist keine Negation der Wirkung, auch nicht der niedrigere Grad von Spannung, der bei den Metallen, im Vergleich zum Durchgang der Kräfte erfordert wird. Diese Unterschiede würden bloss zu dem Schlusse führen, dass, in den Metallen, die unter Vertheilung stehenden Theilchen ihre Kräfte schon bei einem geringen Grade von Spannung oder Polarität und mit grösserer Leichtigkeit fortpflanzen können als in anderen Körpern.

1330. Betrachten wir Hrn. *Wheatstone*'s schönen Versuch unter einem anderen Gesichtspunkt. Lassen wir die Vorrichtung an der Mitte und den beiden Enden des langen Kupferdrahts ungeändert, nehmen bloss die beiden dazwischen befindlichen Drahtlängen fort und ersetzen sie durch Drähte von Eisen oder Platin; wir werden dann eine weit grössere Verzögerung des mittleren Funken haben als früher. Noch bedeutender wird die Verzögerung, wenn wir statt des Eisendrahts einen eben so dicken Cylinder von Wasser auch nur von 5 bis 6 Fuss Länge einschalten[5]). Gehen wir vom Wasser zum Wallrath über, entweder geradezu oder schrittweise durch andere Körper (selbst wenn wir das Volum bedeutend vergrössern, um das Auftreten von Funken anderswo als an den dazu bestimmten Stellen (1331) zu vermeiden), so haben wir eine noch stärkere Verzögerung, bis wir zuletzt, durch Stufen so klein, dass sie untrennbar sind, zu einer wirklichen und dauernden Isolation gelangen. Was scheidet nun die Ursache beider Extreme, der vollkommenen Leitung und vollkommenen Isolation, von einander? So wie wir den geringsten Grad von Vollkommenheit des einen Extremes verlassen, schliessen wir das Element zur Vollkommenheit des andern ein. Ueberdies haben wir in der Natur weder bei dem einen noch dem anderen Extrem, weder bei der Isolation noch bei der Leitung, den Fall der Vollkommenheit.

1331. Kehren wir nochmals zu diesem schönen Versuch zurück, um ihn unter den verschiedenen Formen, die man ihm geben könnte, zu betrachten. Die Kräfte, nachdem sie die Leidner Flasche verlassen haben, sind während der ganzen Zeit (1328) nicht vollständig mit der Entladung beschäftigt; zum Theil werden sie zur Vertheilung unter der bekannten Form, durch das umgebende Mittel hin, verwendet, und wenn Luft das di-elektrische Mittel ist, findet vom Draht aus durch die Luft zu den umgebenden Leitern eine Vertheilung statt, so lange bis die Enden des Drahts, durch dessen Länge hin,

in elektrische Beziehung getreten sind und Entladung erfolgt ist, d. h. die Zeit hindurch, während welcher der mittlere Funken hinter den beiden anderen zurückbleibt. Dies zeigt gut ein alter Versuch, bei welchem ein langer Draht so gebogen wird, dass zwei Stellen desselben *a* und *b* Fig. 1 unweit seiner Enden ungefähr einen Viertel Zoll Abstand in der Luft bekommen. Sendet man die hinreichend starke Ladung einer Leidner Flasche durch einen solchen Draht, so wird bei weitem der grösste Theil der Elektricität an dem Zwischenraum durch die Luft gehen, nicht durch das Metall. Wirkt nun hier nicht der mittlere Theil des Drahts, wiewohl er von Metall ist, wie ein isolirendes Medium? und ist nicht der Funke durch die Luft eine Anzeige von Spannung (gleichzeitig mit Vertheilung) der Elektricität an den Enden dieses einfachen Drahts? Warum sollte man nicht den Draht und die Luft beide als di-elektrische Media und die Wirkung zu Anfange und während der Spannung als eine vertheilende betrachten können? Wenn sie durch die Krümmungen des Drahts wirken kann, so wirkt sie auch in krummen Linien durch die Luft (1219. 1224) und andere di-elektrische Körper (1228); und es scheint, wir können, wenn wir nur den Fall auf Vertheilungswirkung beschränken, sogar so weit gehen, dass wir behaupten, unter den isolirenden di-elektrischen Mitteln leiten einige die Kraftlinien eben so von andern weg (1229), wie es der Draht thut von schlechten Leitern, obwohl der Haupteffect in demselben unzweifelhaft davon herrührt, dass die Theilchen desselben, während sie in einem niederen Spannungszustand sind, leicht entladen. Die Verzögerung ist eine Zeit lang Isolation; und es scheint mir, dass wir, so weit es die ersten Vertheilungsphänomene betrifft, die Luft an dem Zwischenraum *ab* (Fig. 1) mit dem Entladungsdraht vergleichen, und ungeachtet der Verschiedenartigkeit der zuletzt erfolgenden Entladung*) als zwei Körper von gleicher Art und nach denselben Principien

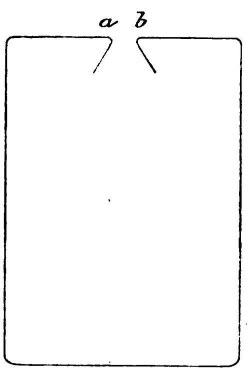


Fig. 1.

*) Diese wird späterhin (1348) betrachtet werden.

wirkend betrachten können, eben so wie wir nach *Coulomb*'s Untersuchungen*) verschiedene zu demselben Isolationseffect erforderliche Längen von verschiedenen isolirenden Körpern miteinander vergleichen.

1332. Dieser Vergleich wird noch auffallender, wenn wir den Versuch von *Harris* betrachten, in welchem ein feiner Draht in einer mit verdünnter Luft erfüllten Glaskugel ausgespannt ist**). Als er durch diese zusammengesetzte Vorrichtung von Metall und verdünnter Luft eine Ladung sandte, ging eben so viel, wenn nicht mehr Elektricität durch die letztere als durch das erstere. In der Luft, verdünnt wie sie war, ging ohne Zweifel der Entladung eine Vertheilung voran (1284), und meiner Meinung nach zeigen alle Umstände an, dass dasselbe auch mit dem Metall der Fall war; dass in der That beide Media di-elektrisch waren, und in Folge der Wirkung aus gleichen Ursachen gleiche Effecte zeigten, der einzige Unterschied bei den angewandten Substanzen nur ein quantitativer war.

1333. Nach diesen Principien zu urtheilen, kann die Geschwindigkeit der Entladung bedeutend verändert werden, wenn man die Umstände beachtet, die bei der Entladung durch Wallrath oder Schwefel Veränderungen bewirken. So z. B. muss sie variiren mit der Spannung oder Intensität der ersten Treibkraft (*urging force*) (1234. 1240), und diese Spannung ist Ladung und Vertheilung. Wenn so, in Hrn. *Wheatstone*'s Versuch, die beiden Enden des Drahts sogleich mit zwei grossen isolirten und der Luft ausgesetzten Metallflächen verbunden würden, so dass der erste Act der Vertheilung, nach Vollziehung des Contacts für die Entladung, im ersten Augenblick zum Theil von der innern Portion des Drahts entfernt und für einen Augenblick auf seine gemeinschaftliche Oberfläche mit der Luft und den umgebenden Leitern verlegt würde, so wage ich voraus zu sagen, dass der mittlere Funken mehr als zuvor verzögert sein werde. Und wenn diese beiden Metallflächen der innere und äussere Beleg einer grossen Flasche oder Leidner Batterie wären, würde die Verzögerung dieses Funkens noch grösser sein[6]).

---

*) Mém. de l'acad. 1785, p. 612 oder Encyclop. Britan. Suppl. Vol. I p. 611.

**) Philosoph. Transact. f. 1834, p. 242.

1334. *Cavendish* war vielleicht der Erste, welcher deutlich zeigte, dass die Entladung nicht immer auf einem Wege geschieht, sondern, wenn mehr als einer vorhanden, auch auf mehreren Wegen zugleich*). Wir können diese Wege aus verschiedenen Substanzen bilden; bei passenden Dicken und Längen, sogar von Substanzen wie Luft, Schellack, Wallrath, Wasser, Eisenoxydul, Eisen und Silber; können durch eine einzige Entladung machen, dass jede ihren Antheil Elektricität fortführt. Vielleicht wäre die Luft auszunehmen, da ihre Entladung durch Leitung für jetzt zweifelhaft ist; allein alle übrigen können in ihrer Entladungsweise auf reine Leitung begrenzt werden. Dennoch erfahren mehrere von ihnen zuvor eine Vertheilung, genau wie die Vertheilung durch Luft, und diese ist eine nothwendige Vorläuferin ihrer entladenden Wirkung. Wie können wir demnach in den Principien und der Art der Isolation und Leitung einen dieser Körper von dem anderen trennen, anders als etwa dem Grade nach? Alle scheinen mir di-elektrisch zu sein, und gleich zu wirken, nach denselben gemeinschaftlichen Gesetzen.

1335. Ein anderes Argument zu Gunsten der allgemeinen Gleichheit in Natur und Wirkung der guten und schlechten Leiter (und alle Körper halte ich für mehr oder weniger leitend) möchte ich ziehen aus dem Gleichgewicht in der Wirkung sehr verschiedener Körper, wenn sie, wie früher (213) beschrieben, einander in der magneto-elektrischen Action entgegen gestellt werden; doch ich wünsche mich so kurz zu fassen, als es mit der klaren Untersuchung der wahrscheinlichen Wahrheit meiner Ansichten vereinbar ist.

1336. Ob die Gase ein Leitungsvermögen von der hier betrachteten einfachen Art besitzen, ist sehr schwierig für jetzt zu entscheiden. Versuche scheinen anzuzeigen, dass sie gewisse niedrige Grade von Spannungen vollkommen isoliren, und dass die Effecte, welche durch Leitung scheinen veranlasst zu sein, aus der fortführenden Kraft (*carrying power*) der geladenen Theilchen der Luft oder des Staubes in ihnen entsprungen sind. Eben so gewiss ist jedoch, dass sie, bei höheren Graden von Ladung oder Spannung, entladen, und das ist Leitung. Wenn sie das Vermögen, eine Spannung von gewisser Schwäche zu isoliren, anhaltend und vollkommen besitzen, so mag dies herrühren von ihrem eigenthümlichen

*) Philosoph. Transact. 1776, p. 197.

Zustand und von der Trennung, in der sich ihre Theilchen befinden. Allein in diesem oder jedem anderen Fall dürfen wir nicht die schönen Versuche von *Cagniard de la Tour* vergessen, in welchen er gezeigt, dass Flüssigkeiten und deren Dämpfe allmählich ineinander übergehen können bis zum gänzlichen Verschwinden jedes bestimmten Unterschiedes beider Zustände*). So können trockner Dampf und kaltes Wasser durch unmerkliche Abstufungen ineinander übergehen; und doch ist jener ein Isolator und dieses ein verhältnissmässig guter Leiter. Hinsichtlich der Leitvermögens ist also der Uebergang von den Metallen selbst bis zu den Gasen ein stufenweiser; die Substanzen bilden in dieser Beziehung nur Eine Reihe, und die verschiedenen Fälle müssen unter Eine Bedingung und Ein Gesetz kommen. Die specifischen Unterschiede der Körper im Leitungsvermögen dienen nur dazu das allgemeine Argument zu verstärken, dass Leitung, wie Isolation, ein Resultat der Vertheilung ist, und aus einer Wirkung angrenzender Theilchen besteht.

1337. Ich möchte nun noch die Vertheilung und ihre Begleiterin, die Leitung, in gemischten di-elektrischen Mitteln betrachten, z. B. in dem Fall, wo ein geladener Körper statt durch die Luft hin auf einen entfernten und isolirten Leiter zu wirken, gemeinschaftlich durch sie und einen dazwischen gestellten isolirten Leiter wirkt. In solch einem Fall sind die Luft und der Leiter gemischte di-elektrische Substanzen, und der Leiter nimmt in Masse einen ähnlichen Polarisationszustand an, wie meine Theorie für jedes Theilchen der Luft in derselben Zeit voraussetzt. Doch ich fürchte für jetzt zu weitschweifig zu werden, und schreite daher zur Betrachtung eines andern Gegenstandes.

1338. Um das Gesagte kurz zusammenzufassen, besteht, nach mir, die erste Wirkung eines erregten Körpers auf die benachbarten Substanzen in der Hervorrufung eines Polarisationszustandes ihrer Theilchen, und das ist die Vertheilung; sie entspringt aus der Wirkung auf die unmittelbar berührenden Theilchen, welche wiederum auf die anliegenden wirken und sofort die Kräfte in die Ferne forttragen. Bleibt die Vertheilung ungeschwächt, so erfolgt vollkommene Isolation, und je höher der Polarisationszustand ist, welchen die Theilchen erlangen oder unterhalten können, desto höher ist die Intensität,

---

*) Ann. de Chim. et Phys. XXI. p. 127 et 178.

welche den wirkenden Kräften gegeben werden kann. Wenn dagegen die anliegenden Theilchen, nach Erlangung des Polarisationszustandes, das Vermögen haben, ihre Kräfte mitzutheilen, so erfolgt Leitung, und die Spannung ist vermindert; Leitung ist ein besonderer Act der Entladung zwischen benachbarten Theilchen. Je schwächer der Spannungszustand, bei welchem die Entladung zwischen den Theilchen eines Körpers stattfindet, ein desto besserer Leiter ist dieser Körper. Nach dieser Ansicht, kann man sagen, sind Isolatoren diejenigen Körper, deren Theilchen den Polarisationszustand festhalten können, Leiter dagegen solche, welche nicht bleibend polarisirt werden können. Irre ich mich nicht bei meiner Vertheilungstheorie, so ist die Reduction dieser beiden (so lange getrennt gehaltenen) Effecte auf eine Wirkung anliegender Theilchen und auf Ein gemeinschaftliches Gesetz ein sehr wichtiges Resultat, und andrerseits ist die Identität des Charakters, welche beide durch Betrachtung nach meiner Theorie erlangen (1326), muthmaasslich ein neuer Beweis zu Gunsten der Richtigkeit dieser letzteren.

1339. Dass Wärme einen grossen Einfluss auf die blosse Leitung ausübt, ist bekannt (445); in einigen Fällen verändert sie den Charakter der Körper gänzlich (432. 1340). *Harris* hat indess gezeigt, dass sie auf die Gase oder wenigstens die Luft in keiner Beziehung wirkt*), und *Davy* hat uns gelehrt, dass bei einer Klasse, den Metallen, das Leitungsvermögen durch sie verringert wird**).

1340. Ich beschrieb früher eine Substanz, deren Leitungsvermögen durch Wärme erhöht wurde, nämlich Schwefelsilber (433. 437. 438). Seitdem habe ich eine andere gefunden, die sich eben so verhält; dies ist Fluorblei. Als ein Stück dieser Substanz, das geschmolzen worden und erkaltet war, in den Kreis einer Volta'schen Batterie gebracht wurde, hemmte es den Strom. Als es erhitzt wurde, erlangte es, noch ehe es im Tageslicht sichtbar roth glühte, Leitungsvermögen, und während es noch starr war, konnten selbst Funken aus ihm gezogen werden. Der Strom allein steigerte dann die Temperatur desselben (wie beim Schwefelsilber) bis es schmolz, wo es dann eben so gut zu leiten schien als das

*) Philosoph. Transact. f. 1834 p. 230.
**) Ibid. f. 1821 p. 431.

Metallgefäss, welches dasselbe enthielt, denn es war kein Unterschied in der Stärke des Stromes zu erblicken, der zur Schliessung der Batterie dienende Draht mochte das Fluorblei allein, oder das Platingefäss, worin es lag, berühren. Während der ganzen Zeit zeigte sich kaum eine Zersetzung am Fluorid, und diese Spur schien von der Luft und der Feuchtigkeit der Atmosphäre herzurühren, nicht von elektrolytischer Action.

1341. Ich zweifle nun sehr wenig, dass es sich mit dem Quecksilberjod (414. 448. 691), und auch mit dem Quecksilberchlorid (692) eben so verhalte. Nach Anstellung obiger Versuche bin ich auch geneigt zu glauben, dass die früher beobachtete und beschriebene Anomalie des Antimonoxyds (693. 801) zum Theil von derselben Ursache abzuleiten sei.

1342. Ich beabsichtige für jetzt nicht, in die eigenthümliche Beziehung zwischen Wärme und Elektricität einzugehen, allein wir dürfen hoffen, künftig durch Versuche das Gesetz zu entdecken, welches wahrscheinlich alle obigen Erscheinungen, so wie die Erregung und Vernichtung der Wärme durch den Strom, und die auffallenden und schönen Resultate der Thermo-Elektricität im gemeinsamen Verband erhält.

8. Elektrolytische Entladung.

1343. Schon in einer früheren Abhandlung (1164) habe ich die Ansicht ausgesprochen, durch welche ich hoffe, die gewöhnliche Vertheilung mit der Elektrolysation zu verknüpfen. Nach dieser Ansicht ist die Entladung elektrischer Kräfte durch Elektrolysation eher ein Effect, der bei einer gewissen Classe von Körpern, zu dem bereits beschriebenen, die Vertheilung und Isolation ausmachenden, hinzutritt, als ein von diesen Erscheinungen unabhängiger und verschiedener.

1344. Elektrolyte gehören, rücksichtlich ihrer leitenden und isolirenden Kräfte zu der allgemeinen Kategorie der Körper (1320. 1334); und im Zustande der Starrheit (den sie fast alle annehmen können) halten sie ihre Stelle fest und bieten keine neue Erscheinung dar (426), oder, wenn es der Fall ist, in so geringem Grade, dass es fast ganz ohne Belang ist. Im flüssigen Zustand gehören sie auch in dieselbe Classe, so lange die elektrische Intensität unter einer gewissen Stufe bleibt[7]; allein bei einer gegebenen, für jeden Elektrolyt bestimmten und für alle sehr schwachen Intensität spielen sie

eine neue Rolle, bewirken Entladung im Verhältniss (783) zur Entwicklung gewisser chemischen Effecte von Verbindung und Zersetzung, und bei diesem Punkt treten sie aus der allgemeinen Classe von Isolatoren und Conductoren, um eine eigenthümliche zu bilden. Die ersteren Erscheinungen sind bereits betrachtet worden (1320. 1338); ich habe also nur noch die letzteren durchzusehen und als Beweis für die vorgeschlagene Vertheilungstheorie zu benutzen.

1345. Die Theorie nimmt an, dass die Theilchen des Dielectricum (jetzt ein Elektrolyt) im ersten Augenblick durch die gewöhnliche Vertheilungswirkung in einen Polarisationszustand gebracht und bis zu einem gewissen Grad von Spannung oder Intensität gesteigert werden, bevor die Entladung anfängt. Der Vertheilungszustand ist in der That eine nothwendige Vorläuferin der Entladung. Benutzt man die geeigneten Umstände, so wird es nicht schwer halten, die diesen Vertheilungszustand anzeigende Spannung zu erhöhen und so den Zustand selbst sichtbarer zu machen. Wenn z. B. destillirtes Wasser angewandt und eine lange schmale Portion desselben zwischen die Elektroden einer kräftigen Volta'schen Batterie gebracht wird, so bekommt man sogleich Anzeigen von der Intensität, welche an diesen Elektroden, vermöge der Vertheilungswirkung durch das Wasser, als di-elektrisches Mittel, sich erhalten kann, denn man kann Funken bekommen, Goldblätter zum divergiren bringen, und Leidner Flaschen laden. Das Wasser ist im Zustand des Wallraths (1322. 1323) ein schlechter Leiter und ein schlechter Isolator; es isolirt vermöge Vertheilung, und diese ist die Vorbereiterin und Vorläuferin der Entladung (1338).

1346. Die an den Enden der Wasserportion in Richtung des Stroms erscheinende Vertheilung und Spannung sind nur die Summen der Vertheilungen und Spannungen an den zwischen diesen Grenzen liegenden Punkten; und diese Begrenzung der inductiven Spannung zeigt bis zu einem Grad (indem dabei jedesmal Zeit ein wichtiges Element des Resultats ist), dass, wenn die Theilchen einen gewissen relativen Zustand erlangt haben, eine Entladung oder eine der gewöhnlichen Leitung entsprechende Uebertragung der Kräfte stattfindet.

1347. Bei dem Vertheilungszustand, welchen das Wasser vor der Entladung annimmt, sind die polarisirten Theilchen Wassertheilchen, wenn Wasser als Dielectricum angewandt wird; allein die Entladung zwischen Theilchen und Theilchen

ist nicht, wie zuvor, ein blosser Austausch ihrer Kräfte (*power or forces*) an den polaren Stellen, sondern eine wirkliche Zerfällung derselben in ihre Bestandtheile, wobei der Sauerstoff in einer Richtung fortwandert und seinen Betrag von der während der Polarisation erlangten Kraft mit sich führt, während der Wasserstoff dasselbe in entgegengesetzter Richtung thut, bis sie jeder das nächstliegende Theilchen, welches in gleichem Zustande ist wie das von ihnen verlassene, begegnen und durch Vereinigung ihrer Kräfte mit diesem dasjenige hervorbringen, was eine Entladung ausmacht. Dieser Theil der Wirkung kann als eine fortführende betrachtet werden (1319), ausgeübt durch die Bestandtheile des Dielectricums. Das letztere ist immer ein zusammengesetzter Körper (664. 823); und Diejenigen, welche über den Gegenstand nachgedacht, und mit den zuerst von *Grotthuss**) aufgestellten Ansichten der Ueberführung vertraut sind, werden leicht die Theilchen desselben vergleichen mit einer Reihe metallischer Leiter, die unter Vertheilung stehen und, während sie sich in diesem Zustand befinden, in diese elementaren beweglichen Hälften theilbar sind.

1348. Die elektrolytische Entladung hängt nothwendig von der Nichtleitung des Dielectricums als Ganzes ab, und es giebt zwei Stufen oder Acte in dem Vorgang: erst eine Polarisation der Theilchen des Körpers und dann eine Schwächung der Kräfte [8]) durch die Trennung, hierauf Vorrücken in entgegengesetzten Richtungen, und Wiedervereinigung der Elemente, welche, wie es scheint, die Hälften der ursprünglich polarisirten Leiter oder Theilchen sind.

1349. Diese Ansichten von der Zersetzung der Elemente und dem darauf folgenden Entladungseffect, welche, für den besonderen Fall, mit denen von *Grotthuss* (481) und *Davy* (482) eins sind, aber von denen *Biot*'s (487), *De la Rive*'s und Anderer abweichen, scheinen mir vollständig übereinzustimmen, nicht bloss mit der von mir über die Vertheilung im Allgemeinen gegebenen Theorie, sondern auch mit allen bekannten Thatsachen der gemeinen Vertheilung, Leitung und elektrolytischen Entladung, und in dieser Hinsicht befestigten sie mich in dem Glauben an die Richtigkeit der aufgestellten Theorie. Die neue Art von Entladung, welche die Elektrolysation darbietet, muss sicherlich ein Beweis von der Wirkung

*) Ann. de chim. LVIII p. 60 und LXIII p. 20.

angrenzender Theilchen sein; und da diese, wie es scheint, direct abhängt von einem vorausgegangenen Vertheilungszustand, welcher einerlei ist mit der gemeinen Vertheilung, so verstärkt sie bedeutend das Argument, welches alle Fälle von Vertheilung ebenfalls auf eine Wirkung anliegender Theilchen zurückführt (1295).

1350. Zur Erläuterung des Zustandes der polarisirten Theilchen in einem unter Vertheilung stehenden di-elektrischen Mittel will ich einen Versuch beschreiben. Man bringe in ein Glasgefäss etwas klares rectificirtes Terpentinöl und stecke zwei Drähte hinein, die da, wo sie an der Oberfläche des Terpentinöls sind, durch Glasröhren gehen, und entweder in Knöpfen oder Spitzen enden. Man schneide sehr saubere, trockene, weisse Seide in kleine Stückchen und bringe etwas davon auch in die Flüssigkeit. Dann elektrisire man einen der Drähte durch eine gewöhnliche Elektrisirmaschine und entlade durch den andern. Sogleich wird die Seide von allen Theilen der Flüssigkeit sich zusammenhäufen und von einem Draht zum andern einen Streifen bilden, der bei Berührung mit einem Glasstab eine bedeutende Zähigkeit zeigt; im Augenblick jedoch, wo der Zufluss von Elektricität aufhört, fällt der Streifen auseinander und seine Theile zerstreuen sich. Die Leitung der Seide ist hierbei sehr gering; und nach der besten Untersuchung, die ich anstellen konnte, ist meine Ansicht: dass der Zusammenhang der Fasern durch die von jeder erlangte Polarität bedingt werde, genau so wie Eisentheilchen zwischen den Polen eines Hufmagneten durch eine ähnliche Anordnung der Kräfte zusammengehalten werden. Die Seidetheilchen sind hier also ein Abbild von dem Zustand der Molecüle in einem Dielektricum, welches ich als polar betrachte, gerade wie es die Seide ist. In allen Fällen von Leitungsentladung vermögen die aneinander grenzenden polarisirten Theilchen des Körpers eine Neutralisation ihrer Kräfte mit grösserer oder geringerer Leichtigkeit zu bewirken, wie es auch die Seide in sehr geringem Grade thut. Weiter sind wir nicht im Stande die Parallele fortzuführen; es sei in der Einbildung; könnten wir indess jedes Seidetheilchen in zwei Hälften theilen, und jede Hälfte fortwandern lassen, bis sie eine Hälfte in einem entgegengesetzten Zustand träfe und sich mit ihr vereinigte, so würde sie dann ihr Fortführungsvermögen (1347) ausüben und insoweit eine elektrolytische Entladung vorstellen.

1351. Angenommen die elektrolytische Entladung sei eine Folge vorausgegangener Vertheilung, — wie deutlich weisen nicht dann ihre zahlreichen Fälle auf eine Vertheilung in krummen Linien (1216), auf die divergirende oder laterale Wirkung der Linien der Vertheilungskraft (1231) hin, und verstärken so jenen Theil des allgemeinen Arguments in dem früheren Aufsatz! Wenn zwei Platinkugeln, welche die Elektroden einer Volta'schen Batterie bilden, in ein grosses Gefäss mit verdünnter Schwefelsäure gestellt werden, so überzieht sich das Ganze der Oberflächen mit den respectiven Gasen in schön abgemessenen Verhältnissen, und ohne Schwierigkeit begreift man die Richtung der Entladungscurven, und selbst die Intensität der Kraft der verschiedenen Linien durch die an verschiedenen Stellen der Oberfläche entwickelte Gasmenge. Hier hat man die allgemeinen Effecte der Diffusion; das Auftreten der Anionen und Kationen an den Ecken und den Rückseiten der Elektroden, wenn diese die Form von Platten haben; die Art, wie der Strom oder die Entladung allen auch wie unregelmässigen Gestalten des Elektrolyten folgt. Hier auch die Erscheinungen, welche *Nobili* in seinen Aufsätzen über die Verbreitung der Ströme in leitenden Massen so schön untersucht und beschrieben hat*). Alle diese Erscheinungen zeigen die Richtung der in den und durch die di-elektrischen Körper gehenden Ströme oder Entladungen an, und diesen gehen jedesmal entsprechende Vertheilungswirkungen der aneinander grenzenden Theilchen voraus.

1352. Hieraus ergiebt sich auch der Vortheil bei schwachen erregenden Kräften, die Masse der Elektrolyten zu vergrössern, das Zink von dem Kupfer umschliessen zu lassen. — Alles steht in Uebereinstimmung mit der Vertheilungstheorie, welche ich zu untersuchen bemüht bin. Ich sehe bis jetzt keine Thatsache gegen sie.

1353. Es giebt viele Punkte in der elektrolytischen Entladung, welche noch eine genaue Untersuchung erfordern. Ich kann sie hier nur leicht berühren; indessen so weit ich sie untersucht habe, stehen sie nicht in Widerspruch mit der gefassten Ansicht (denn ich habe sorgfältig, wiewohl vergebens, nach solchen Fällen gesucht), und es ist nur Mangel an Zeit, der mich verhindert, sie hier näher zu betrachten.

---

*) Biblioth. univers. 1835, LIX, p. 263. 416.

1354. Einer dieser Punkte besteht darin, dass verschiedene Elektolyte oder di-elektrische Körper verschiedene Anfangsintensitäten zu ihrer Zersetzung erfordern (912)[9]. Dies kann abhängen von dem Grade der Polarisation, welche die Theilchen erfordern, ehe die elektrolytische Entladung beginnt. Es steht in directer Beziehung zur chemischen Verwandtschaft der betreffenden Substanzen, und wahrscheinlich auch in Beziehung zum specifischen Vertheilungsvermögen derselben (1252. 1296).

1355. Ein anderer Punkt ist die Erleichterung der elektrolytischen Leitung oder Entladung durch Zusatz gewisser Substanzen zu der angewandten di-elektrischen. Diese Erscheinung ist besonders beim Wasser auffallend, doch hat man bis jetzt kein allgemeines Gesetz bei diesen Phänomenen entdecken können. So erhöhen Säuren, wie Schwefelsäure, Phosphor-, Salpeter-, Kleesäure die Kraft (*power*) des Wassers ungeheuer, während andere, wie Wein- und Citronensäure, es nur in geringem Grade thun, und wiederum andere, wie Essig- und Borsäure, keine merkliche Veränderung in den Angaben des Voltameters hervorbringen[10] (739). Reines Ammoniak bewirkt nichts, wohl aber kohlensaures. Aetzende und kohlensaure Alkalien geben eine schöne Wirkung. Schwefelsaures Natron, Salpeter (753) und viele andere lösliche Salze wirken stark. Quecksilbercyanid und Quecksilberchlorid, Jod, Gummi und Zucker zeigen im Voltameter keine Wirkung[11]. In vielen Fällen wird die hinzugefügte Substanz entweder direct oder indirect angegriffen, und dann sind die Erscheinungen verwickelter; dergleichen Substanzen sind Salzsäure (758), lösliche Protochloride (766), Jodide (769), Salpetersäure (752) u. s. w. In anderen Fällen ist die hinzugefügte Substanz für sich kein Leiter der Kräfte der Volta'schen Batterie, und dennoch giebt und empfängt sie Kraft (*power*), wenn sie mit Wasser vermischt ist. Hr. *De la Rive* hat dies Resultat bei der schwefligen Säure*), beim Jod und Brom beobachtet**); Arsenikchlorür verhält sich eben so. Ein weit auffallenderes Beispiel von solchem Einfluss bietet die Schwefelsäure dar (681); und wahrscheinlich verhält sich auch so die Phosphorsäure.

---

*) Biblioth. univers. XL, p. 205. — *Kemp* sagt, schweflige Säure sei ein sehr guter Leiter. Quarterly Journ. 1831, p. 613.

**) Annal. de chim. et de phys. XXXV, p. 161 (Annalen Bd. XV, S. 526).

1356. In den Fällen, wo jene Körper an sich keine Veränderung erleiden, wie Schwefelsäure (und vielleicht in allen Fällen) könnte es scheinen, als afficirten sie das Wasser in seinem Leitungsvermögen bloss als Elektrolyt; denn es mag wenig oder viel erhöht sein, so ist doch die Zersetzung proportional der durchgehenden Elektricitätsmenge (727. 730), und die Ueberführung entspringt also aus elektrolytischer Entladung. Dies stimmt überein mit der in Betreff des Wassers schon angegebenen Thatsache (984), dass das Leitungsvermögen nicht erhöht wird für eine Elektricität von geringerer Kraft als die elektrolytische Intensität der Substanz, die als Dielektricum wirkt; allein beide Thatsachen (und einige andere) widersprechen der Meinung, die ich früher äusserte, dass das Vermögen der Salze u. s. w. davon abhängig sei, dass sie bei Lösung in dem angewandten Wasser den flüssigen Zustand annehmen (410). Vielleicht könnte die Erscheinung mit Unterschieden des specifischen Vertheilungsvermögens zusammenhängen und darin ihre Erklärung finden.

1357. Im letzten Aufsatz habe ich Fälle beschrieben, wo Schellack durch Absorption von Ammoniak leitend wurde (1294). Dasselbe geschieht mit Salzsäure; dennoch sind beide Substanzen im Gaszustand Nichtleiter, Ammoniak sogar auch in concentrirter Lösung[12]) (748). *Harris* hat Fälle erwähnt*), wo das Leitungsvermögen der Metalle durch eine geringe Legirung mit anderen bedeutend abgeändert wird. Dies hat wohl keine Beziehung zu den früheren Fällen, verdient indess bei einer allgemeinen Untersuchung, die der Gegenstand erfordert, nicht übersehen zu werden.

1358. Nichts ist vielleicht auffallender in der Classe von di-elektrischen Körpern, die wir Elektrolyte nennen, als die ungewöhnliche und fast vollständige Aufhebung ihrer eigenthümlichen Entladungsweise nach Annahme des starren Zustandes (380 u. s. w.), selbst wenn die Intensität der durch sie wirkenden Vertheilung ums Hundertfache und mehr gesteigert worden ist (419). Dies errichtet nicht nur eine sehr allgemeine Beziehung zwischen den physischen Eigenschaften dieser Körper und der vertheilend durch sie wirkenden Elektricität, sondern verknüpft auch ihre physischen und chemischen Beziehungen so miteinander, dass wir hoffen dürfen, im Kurzen den Einfluss, den sie wechselseitig aufeinander ausüben, vollständig zu begreifen[13]).

*) Philos. Transact. 1826, p. 22.

9. Zerreissende Entladung und Isolation.

1359. Die nächste Form der Entladung habe ich durch den Beinamen der zerreissenden unterschieden (1319), da sie die Theilchen, unter welchen und durch welche sie plötzlich hervorbricht, immer mehr oder weniger verschiebt. Ich begreife darunter die Entladung in Gestalt von Funken, Lichtbüscheln und Glimmen (*glow*) (1405), schliesse aber aus die Fälle von Strömen in Luft, Flüssigkeiten u. s. w., da diese, obwohl die ersteren häufig begleitend, wesentlich anderer Natur sind.

1360. Die Bedingungen zur Erzeugung eines elektrischen Funkens in der einfachsten Gestalt sind bekannt. Zwei leitende Flächen, die im entgegengesetzten Elektricitätszustand befindlich sind, müssen einen isolirenden di-elektrischen Stoff einschliessen, und wenn dann die Einwirkungen fortdauernd verstärkt oder anderweitig befördert werden, indem man entweder den Elektricitätszustand beider Leiter erhöht oder dieselben näher zusammenbringt, oder die Dichtigkeit des di-elektrischen Stoffes verringert, erscheint zuletzt ein Funke, und die beiden Kräfte sind zur Zeit vernichtet, da eine Entladung stattgefunden hat.

1361. Die Leiter (welche als Begrenzer [*termini*] der Vertheilungswirkung angesehen werden können), sind in den meisten Fällen Metalle, während als di-elektrische Körper in der Regel gemeine Luft und Glas angewandt werden. Bei meiner Vertheilungstheorie wird indess jeder di-elektrische Körper von Wichtigkeit; denn da die Resultate als wesentlich von diesen Körpern abhängend betrachtet werden, so stand zu vermuthen, dass sich bei näherer Untersuchung früher nicht geahnte Unterschiede in der Wirkung zeigen, und dadurch neue Thüren zu Entdeckungen auf dem ausgedehnten Felde unserer Wissenschaft eröffnen würden. Diese Hoffnung unterhielt sich besonders in Bezug auf die Gase, wegen deren hohen Isolationsvermögens, Gleichförmigkeit in physischer Beschaffenheit und grosser Verschiedenheit in den chemischen Eigenschaften.

1362. Alle Wirkungen vor der Entladung sind vertheilender Art; und der Spannungsgrad, welcher dem Erscheinen des Funkens vorausgehen muss, ist bei der jetzt beabsichtigten Prüfung meiner Vertheilungstheorie ein sehr wichtiger Punkt; es ist die Grenze des Einflusses, welchen der di-elektrische Körper beim Widerstehen der Entladung ausübt. Es ist folglich

ein Maass des Bewahrvermögens der di-elektrischen Substanz, welches seinerseits als ein Maass, und daher als ein Ausdruck der Intensität der in Thätigkeit begriffenen elektrischen Kräfte betrachtet werden kann.

1363. Viele Physiker haben die Umstände dieser begrenzenden Wirkung in der Luft untersucht; allein, was die Genauigkeit und Ausdehnung der Untersuchungen betrifft, hat Keiner, meines Wissens, Hrn. *Harris* erreicht*). Einige seiner Resultate muss ich hier kurz erwähnen, vorausbemerkend, dass sie alle mit Anwendung von Luft als di-elektrisches Mittel zwischen den leitenden Flächen erhalten worden sind.

1364. Zuerst untersuchte er den Abstand der gebrauchten Kugeln, oder, anders gesagt, die Dicke des di-elektrischen Körpers, durch welchen hin die Vertheilung unterhalten wurde. Die zur Erzeugung einer Funkenentladung erforderliche Elektricitätsmenge der geladenen oder vertheilenden Kugel, gemessen durch eine Maassflasche (*unit jar*) oder sonst nach einem mit dieser Flasche identischen Princip, ergab sich genau im Verhältniss stehend mit dem gegenseitigen Abstand der Kugeln oder der entladenden Spitzen, und zwar unter sehr verschiedenen und genauen Formen des Experiments**)[14].

1365. In Bezug auf Druck oder Dichtigkeit der Luft fand er, dass die Elektricitätsmengen, welche zur Hervorbringung einer Entladung durch einen constanten Zwischenraum erforderlich waren, sich genau wie die Dichtigkeiten verhielten. Wenn also die Elektricitätsmenge dieselbe blieb, standen der Zwischenraum und die Dichtigkeit der Luft im einfachen umgekehrten Verhältniss zu einander; bei doppeltem Zwischenraum ging dieselbe Menge über, wenn die Luft bis zur Hälfte verdünnt war***).

1366. Es ist dabei zu erinnern, dass diese Wirkungen stattfinden, ohne dass die vertheilende Kraft irgend eine Veränderung durch die Verdichtung oder Verdünnung erfährt. Diese Kraft bleibt sich gleich in Luft†) und in allen Gasen (1284. 1292), wie auch deren Verdünnungsgrad sein mag.

1367. Eine Temperaturänderung der Luft war ohne Einfluss auf die Elektricitätsmenge, welche zur Hervorbringung

*) Philos. Transact. 1834, p. 225.
**) Ebendaselbst, p. 225.
***) Ebendaselbst, p. 229.
†) Ebendaselbst, p. 237. 244.

einer Entladung durch einen gegebenen Zwischenraum erforderlich war*).

Das sind unter Hrn. *Harris'* Resultaten die, welche ich für jetzt gebrauche, und sie scheinen mir unzweifelhaft.

1368. In der auf eine Moleculartbätigkeit des Dielektricums begründeten Vertheilungstheorie haben wir den Zustand dieses Körpers besonders wegen der Ursache und der Bedingungen obiger Wirkungen in Betracht zu nehmen. Nach der Voraussetzung befinden sich die Theilchen des di-elektrischen Körpers während der Vertheilung in einem Polarisationszustande, und die Spannung dieses Zustandes steigt in jedem Theilchen höher, so wie die Vertheilung gesteigert wird, entweder durch gegenseitige Annäherung der vertheilenden Flächen, Formveränderungen, Verstärkung der ursprünglichen Kraft oder andere Mittel, bis zuletzt, wenn die Spannung der Theilchen den höchsten Grad, den sie ohne Umsturz der ganzen Anordnung ertragen können, erreicht haben, sogleich darauf eine Entladung eintritt.

1369. Die Theorie setzt jedoch nicht voraus, dass alle Theilchen des unter Vertheilung stehenden Dielektricums in gleichem Grade ergriffen werden oder eine gleiche Spannung erlangen. Was Seitenwirkung der Linien der Vertheilungskraft (1231 und 1297), und divergirende und zufällig gekrümmte Form dieser Linien genannt wurde, spricht gegen diese Annahme. Die Idee ist: dass, durch sämmtliche Linien der Vertheilungskraft gehend, jeder Querschnitt des Dielektricums an Summe der Kräfte jedem anderen Querschnitt gleich sei, mithin der Gesammtbetrag der Spannung in jedem solchen Querschnitt gleich sei.

1370. Entladung tritt wahrscheinlich ein, nicht wenn alle Theilchen einen gewissen Grad von Spannung erreicht haben, sondern wenn das meist ergriffene Theilchen bis zu dem Umsturz- oder Wendepunkt (*subverting or turning point*) (1410) gesteigert worden ist. Denn obwohl alle Theilchen in der Vertheilungslinie der Ladung widerstehen und in ihren Wirkungen so verknüpft sind, dass sie eine Summe von Widerstandskräften geben, so müssen doch, wenn irgend eins bis zum Sturzpunkt (*overturning point*) gebracht ist, bei einem Funken zwischen Kugel und Kugel alle nachgeben. Das Weichen (*breaking down*) des einen (Theilchens) muss

*) Philos. Transact. 1834, p. 230.

nothwendig den Umsturz des ganzen Dammes (*barrier*) nach sich ziehen; denn er befand sich auf dem höchsten Grad des Widerstands, als er, neben den übrigen Theilchen, von jenem einen Theilchen unterstützt wurde, und diese Stütze ist nun fort. Daher kann Spannung oder Intensität*), gemäss der Theorie, als ein besonderer Zustand der Theilchen, oder als der Betrag ihrer gezwungenen Abweichung von dem normalen Zustand betrachtet werden.

1371. Der Gesammteffect zwischen einem geladenen Leiter und einem entfernten, isolirten oder nicht isolirten, Leiter entspringt, nach meiner Theorie, aus einer Wirkung, die von Theilchen zu Theilchen des dazwischenliegenden und isolirenden Dielektricums fortgepflanzt wird, und die Theilchen werden betrachtet, als zur Zeit in einen Zwangszustand versetzt, aus welchem sie streben in ihren normalen oder natürlichen Zustand zurückzukehren. Die Theorie scheint daher eine leichte Erklärung des Einflusses der Entfernung auf die Vertheilung zu liefern (1303. 1364). So wie die Entfernung abnimmt, wächst die Vertheilung; denn dann sind in der Linie der Vertheilungskraft weniger Theilchen, die sich der Annahme des Zwangs- oder Polarisationszustandes widersetzen, und so umgekehrt. So wie der Abstand abnimmt, geschieht ferner die Entladung bei einer geringeren Ladung von Elektricität; denn wenn, wie bei *Harris*' Versuchen (1364), der Zwischenraum auf die Hälfte verringert wird, ist zur Entladung nur halb so viel Elektricität erforderlich als bei dem ursprünglichen Zwischenraum, und einleuchtend ist, dass dann auch nur halb so viel Theilchen dazwischen sind, die ihre Kräfte zum Widerstande gegen die Entladung vereinigen.

1372. Das Vergrössern der bei dem Act der Vertheilung einander gegenüberstehenden Leitungsflächen bewirkt, wenn der Zufluss der Elektricität beschränkt ist, eine Schwächung der Vertheilung; und dies ergiebt sich als eine natürliche Folge des vergrösserten Flächenraums des Dielektricums, durch welches hin die Vertheilung geschieht. Denn bei Ausbreitung der vertheilenden Wirkung, welche anfangs durch einen Querschnitt des Dielektricums von einem Quadratzoll ausgeübt wurde, auf einen solchen Querschnitt von zwei oder drei Quadratzoll werden zwei oder drei Mal so viel Theilchen des

---

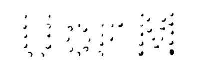
*) Siehe *Harris* über einen vorgeschlagenen besonderen Begriff dieser Ausdrücke. Philos. Transact. 1834, p. 222.

Dielektricums in den Polarisationszustand versetzt und zur Unterhaltung der vertheilenden Wirkung verwandt. Die Spannung der kleineren Anzahl, auf welcher die beschränkte Kraft ursprünglich angehäuft war, muss also in einem verhältnissmässigen Grade sinken.

1373. Aus demselben Grunde muss eine Verringerung der gegenüberstehenden Flächen, selbst bis zur Zurückführung auf blosse Spitzen, die Intensität erhöhen. Allein in diesem Fall ist die Spannung der Theilchen des Dielektricums zunächst an den Spitzen höher als die der Theilchen in der Mitte, wegen der Seitenwirkung und dadurch erfolgenden Bauchung der Linien der Vertheilungskraft in dem mittleren Abstand (1369).

1374. Dass die Vertheilungseffecte an einer Spitze *p* oder an einer kleinen Fläche, wie das zugerundete Ende eines Stabes, einer grossen Fläche gegenüber stärker sind als bei einer Kugel oder Platte, die in gleichem Abstande einer anderen Spitze oder einem anderen Ende gegenübersteht, stimmt hiermit ebenfalls überein (1302). Denn im letzteren Fall wird die kleine Fläche *p* nur von denjenigen Theilchen ergriffen, die durch die eben so kleine Fläche des gegenüberstehenden Leiters in den Vertheilungszustand versetzt ist, wogegen, wenn diese eine Kugel oder Platte ist, die Linien der Vertheilungskraft gleichsam auf das Ende *p* concentrirt sind. Wiewohl nun die Theilchen des Dielektricums gegen die grosse Fläche einen weit schwächeren Spannungszustand besitzen mögen als die gegen die ähnliche kleinere Fläche, so sind deren auch weit mehrere vorhanden, und da die Linien der Vertheilungskraft gegen einen Punkt convergiren, so vermögen sie den näher der kleinen Fläche in einem Querschnitt liegenden Theilchen (1369) einen dem ihrigen gleichen, und folglich für jedes einzelne Theilchen höheren Betrag von Spannung mitzutheilen, so dass an der Oberfläche des kleineren Leiters die Spannung eines Theilchens sehr steigt, und, wenn der Leiter in einer Spitze endigt, die Spannung, wenn sie nicht, wie zuvor (1368), begrenzt wäre, bei der Entladung zu einem unendlichen Grad steigen würde. Die Natur der Entladung aus kleinen Flächen oder Spitzen, die unter Vertheilung stehen, wird späterhin (1425 u. s. w.) betrachtet werden.

1375. Verdünnung der Luft ändert die Intensität der vertheilenden Wirkung nicht (1284. 1287); auch giebt es, so weit ich sehen kann, keinen Grund, warum sie es thun



sollte. Wenn Elektricitätsmenge und Abstand gleich bleiben und die Luft auf die Hälfte verdünnt worden, so ist zwar eine Hälfte der Theilchen des Dielektricums entfernt; allein die zurückgebliebene Hälfte nimmt in ihrer Polarität die doppelte Spannung an; deshalb sind die Vertheilungskräfte balancirt, und das Resultat bleibt dasselbe, so lange als die Vertheilung und Isolation unterhalten werden. Allein bei der Entladung verhält es sich ganz anders; denn da nur halb so viel di-elektrische Theilchen in der verdünnten Atmosphäre da sind, so werden diese schon durch die Hälfte der früheren Elektricitätsmenge zur Entladungsintensität gebracht. Es erfolgt daher Entladung, und diese Folgerung aus der Theorie steht im vollen Einklang mit Hrn. *Harris*' Resultaten (1365).

1376. Dass bei gleichem Abstande eine Verstärkung der Elektricität erforderlich ist, wenn der Druck oder die Dichte der Luft vergrössert wird, folgt eben so und nach denselben Grundsätzen aus der Moleculartheorie.

1377. Hier hat, glaube ich, meine Vertheilungstheorie einen entschiedenen Vorzug vor den übrigen, besonders vor der, welche das Verbleiben der Elektricität auf der Oberfläche von Leitern in Luft dem Druck der Atmosphäre zuschreibt. Die letztere, von *Poisson* und *Biot* angenommene Theorie ist, glaube ich, die allgemein herrschende*), und doch verknüpft sie zwei so unähnliche Dinge, wie die wägbare Luft und die feine, und selbst hypothetische Flüssigkeit (oder Flüssigkeiten) der Elektricität durch die Bande eines blossen statischen Drucks. Meine Theorie dagegen geht sogleich davon aus, dass sie die elektrischen Kräfte mit den Körpertheilchen verknüpft; sie entnimmt alle ihre Beweise und selbst ihren Ursprung in erster Instanz von dem Experiment, und dann scheint sie, ohne alle weitere Voraussetzung, von diesen und vielen anderen sonderbaren und, ich glaube, bisher unbeachteten Erscheinungen eine vollständige Erklärung zu liefern.

1378. Noch ein wichtiger experimenteller Grund entspringt aus der Verschiedenheit der Vertheilungsfähigkeit der verschiedenen di-elektrischen Körper (1269. 1274. 1278). Man denke sich eine positiv elektrisirte Kugel isolirt in der Mitte einer anderen grösseren nicht isolirten Kugel aufgestellt, und dazwischen ein gleichförmiges Dielectricum, wie Luft. Der

*) Enc. Britann. Suppl. Vol. IV, Article Electricity, p. 76. 81.

Fall ist genau der meines Apparats (1187) und auch in der That der irgend einer elektrisirten Kugel, die in einem Zimmer, etwas entfernt von unregelmässig gestalteten Leitern befindlich ist. Unter diesen Umständen ist die Elektricität (so zu sagen) gleichförmig auf der Oberfläche der elektrisirten Kugeln verbreitet. Bringt man aber ein Dielektricum, wie Schwefel oder Schellack in den Raum zwischen den beiden Leitern oder an eine Seite oder gegenüber einer Stelle der inneren Kugel, so wird die Elektricität sogleich auf der letzteren ungleichmässig vertheilt (1229. 1270. 1309), obschon die Gestalt der leitenden Oberflächen, die Abstände derselben und der Druck der Luft vollkommen unverändert bleiben.

1379. *Fusinieri* bildete sich eine andere Ansicht als die von *Poisson*, *Biot* und Anderen, aus dem Grunde, weil Verdünnung der Luft ein leichtes Entweichen der Elektricität veranlasst. Er betrachtet die Wirkung als entspringend aus der Entfernung des Hindernisses, welches die Luft der Expansion der Substanzen, aus welchen die Elektricität übergeht, darbietet*). Allein Kugeln von Platin zeigen im Vacuo die Erscheinungen so gut als solche von flüchtigen Metallen und anderen Substanzen. Ueberdies entweicht die Elektricität, wenn die Verdünnung sehr beträchtlich ist, fast ohne Widerstand und ohne merkliche Wärmeentwicklung. Ich glaube daher, dass auch *Fusinieri*'s Ansicht wenig Beifall finden könne.

1380. Ich habe wohl nicht nöthig auf das Entladungs- und Einsaugungs- (*Collecting*) Vermögen der Flamme zu verweisen. Ich glaube mit *Harris*, dass die Wärme an sich nichts bewirkt (1367), sondern nur die Luftverdünnung von Einfluss ist. Die Wirkung einer Verdünnung ist schon im Allgemeinen betrachtet (1375), und die, erzeugt durch die Hitze eines brennenden Lichts mit zugespitztem Docht und dem damit verknüpften Fortführungsvermögen kohliger Theilchen, sind vollkommen hinreichend alle diese Erscheinungen zu erklären [15]).

1381. Wir sind nun zu der wichtigen Frage gelangt, wie in Gasen, welche gleichen physischen Zustand, gleichen Druck und gleiche Temperatur wie die Luft besitzen, nur in specifischem Gewicht und chemischen Eigenschaften

*) Bibl. univers. 1831, XLVIII, p. 375.

verschieden sind, die zur Isolation und Zerreissungsentladung erforderliche Vertheilungsspannung unterhalten wird.

1382. In diese Frage kann ich für jetzt nur insofern eingehen, als sie wesentlich ist für den vorliegenden Satz, dass Isolation und Vertheilungsspannung nicht bloss von den angewandten geladenen Leitern abhängt, sondern auch, und hauptsächlich, von dem dazwischen befindlichen Dielectricum, in Folge der Molecularaction von dessen Theilchen.

1383. Eine Glasflasche *a* (Fig. 2 giebt sie in $\frac{1}{6}$ der wahren Grösse), von welcher Hals und Boden abgeschnitten,

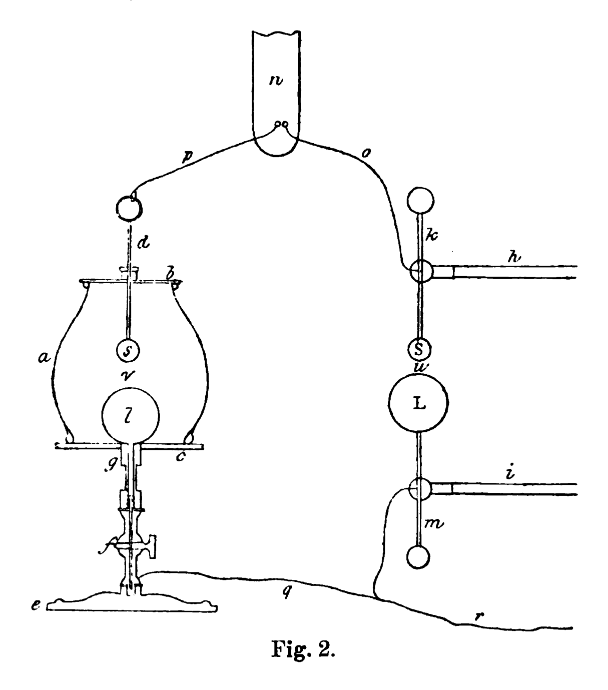


Fig. 2.

war durch zwei abgeschliffene Messingplatten verschlossen. In der Stopfbüchse auf *b* sass ein verschiebbarer Stab *d*, der unten in einer Messingkugel und oben in einem Ringe endete. Die untere Platte war versehen mit einem Fuss *e*, einem Hahne *f* und einer Dille *g*, auch mit einer Messingkugel *l*, welche mittelst eines durch die Dille gehenden Stifts in verschiedenen Höhen befestigt werden konnte. Die metallischen

Theile dieses Apparats waren nicht gefirnisst; allein das Glas mit einer Schicht von zuvor in Alkohol aufgelöstem Schellack überzogen. Das Gefäss konnte, nachdem es ausgepumpt worden, mit einem beliebigen Gase gefüllt werden, und dieses Gas wurde zuvor durch geschmolzenes Chlorcalcium getrocknet.

1384. Der andere Theil des Apparats bestand aus zwei isolirten Stützen *h* und *i*, an denen zwei Messingkugeln befestigt waren; durch diese gingen zwei verschiebbare Stäbe *k* und *m*, die an beiden Seiten in Messingkugeln endeten; *n* war das Ende eines isolirten Conductors, welcher durch eine Elektrisirmaschine positiv oder negativ gemacht werden konnte; *o* und *p* waren Drähte zur Verbindung desselben mit den zuvor beschriebenen Theilen; *q* war ein Draht, welcher die beiden entgegengesetzten Seiten der Nebenvorrichtungen verband, und auch mit einer guten Entladungsleitung *r* (292) in Verbindung statt.

1385. Klar ist, dass die Entladung der Maschinenelektricität entweder zwischen *s* und *l* oder *S* und *L* übergehen konnte. Bei den ersten Versuchen war die Anordnung so, dass der Abstand zwischen *s* und *l* ungeändert blieb, aber ein Gas nach dem andern in das Gefäss *a* gebracht, und die Entladung an der einen Stelle gegen die an der andern äquilibrirt wurde; denn wenn man den Zwischenraum *u* hinlänglich verringerte, musste offenbar alle Entladung hier geschehen, ebenso wie sie, bei hinreichender Vergrösserung dieses, gänzlich am Zwischenraum *v* im Recipienten vor sich gehen musste. Es ist einleuchtend, dass man auf diese Weise den veränderlichen Zwischenraum *u* als Maass nehmen konnte, oder vielmehr als Anzeiger des Widerstandes bei der Entladung durch das Gas am constanten Zwischenraum *v*. Folgendes sind die constanten Dimensionen:

Kugel *s*	0,93	Zoll	Kugel *l*	2,02	Zoll
» *S*	0,96	»	» *L*	1,95	»
			Zwischenraum *v*	0,62	»

1386. Bei Anstellung der Versuche ergab sich, dass, wenn sich Luft oder sonst ein Gas im Recipienten *a* befand, der Zwischenraum kein fester war. Er konnte um ein Gewisses geändert werden, und dennoch erschienen dort oder bei *v* im Recipienten Funken. Man zeichnete die Grenzwerthe auf, d. h. den grössten Abstand, bei dem noch eben die Entladung immer bei *v* im Gase stattfand, und den kleinsten Abstand,

bei dem noch eben die Entladung immer bei *u* in der Luft geschah. So waren die Grenzwerthe bei *u*, wenn Luft im Recipienten war, 0,56 und 0,79 Zoll; innerhalb der 0,23 Zoll sprangen die Funken bald an dem einen, bald an dem andern Zwischenraum über.

1387. Die kleinen Kugeln konnten durch die Maschine entweder positiv oder negativ gemacht werden, und da es sich ergab, wie zu erwarten war, dass die Gase sich in Bezug auf diese Veränderung verschieden verhielten, so wurden die dabei erhaltenen Resultate ebenfalls aufgezeichnet.

1388. Folgende Tafel enthält einige solcher Resultate. Die angeführten Gase befanden sich nach einander in dem Gefässe *a*. Die Zahlen bezeichnen in Zollen den kleinsten, grössten und mittleren Zwischenraum bei *u* in Luft; der Zwischenraum bei *v* betrug beständig 0,62 Zoll.

	Kleinster.	Grösster.	Mittlerer.
Luft, *s* und *S* positiv	0,60	0,79	0,695
dito *s* und *S* negativ	0,59	0,68	0,635
Sauerstoff, *s* und *S* positiv	0,41	0,60	0,505
dito *s* und *S* negativ	0,50	0,52	0,510
Stickstoff, *s* und *S* positiv	0,55	0,68	0,615
dito *s* und *S* negativ	0,59	0,70	0,645
Wasserstoff, *s* und *S* positiv	0,30	0,44	0,370
dito *s* und *S* negativ	0,25	0,30	0,275
Kohlensäure, *s* und *S* positiv	0,56	0,72	0,640
dito *s* und *S* negativ	0,58	0,60	0,590
Oelbildendes Gas, *s* und *S* positiv	0,64	0,86	0,750
dito *s* und *S* negativ	0,69	0,77	0,730
Steinkohlengas, *s* und *S* positiv	0,37	0,61	0,490
dito *s* und *S* negativ	0,47	0,58	0,525
Salzsäuregas, *s* und *S* positiv	0,89	1,32	1,105
dito *s* und *S* negativ	0,67	0,75	0,710

1389. Die obigen Resultate wurden alle zur selben Zeit erhalten. Fernerweitige Versuche gaben im Allgemeinen, was die Ordnung betraf, dieselben Resultate, doch nicht in den Zahlen. So fand sich:

	Kleinster.	Grösster.	Mittlerer.
Wasserstoff, *s* und *S* positiv	0,23	0,57	0,400
Kohlensäure, *s* und *S* positiv	0,51	1,05	0,780
Oelbildendes Gas, *s* und *S* positiv	0,66	1,27	0,965.

Den Unterschied der Barometerstände an den Tagen der Versuche habe ich nicht aufgezeichnet.

1390. Man hätte erwarten sollen, es gäbe nur zwei Abstände, einen für jeden Zwischenraum, bei welchen die Entladung entweder an dem einen oder anderen geschehen wäre, und es würde die geringste Aenderung an einem, ein beständiges Vorwalten des einen über den andern bewirkt haben. Allein dies ist unter den gewöhnlichen Umständen nicht der Fall. Mit Luft im Gefäss stieg die Veränderung beinahe auf 0,2 Zoll an dem kleineren Zwischenraum von 0,6, und mit Salzsäuregas betrug sie mehr als 0,4 an dem kleineren Zwischenraum 0,9. Wie geschieht es, dass ein fester Zwischenraum einen Funken, der zur selben Zeit nicht 0,6 Luft durchspringen kann, durchlässt, während er unmittelbar darauf und anscheinend unter genau denselben Umständen einen Funken, der durch 0,8 Luft gehen kann, nicht durchlässt?

1391. Wahrscheinlich rührt ein Theil dieser Veränderung von in der Luft schwebenden Staubtheilchen her, die in und um den Strom gezogen werden, vielleicht auch von einem veränderlichen Ladungszustand des Glasgefässes *a*. Dass die ganze Wirkung nicht auf den Einfluss von Umständen in dem Gefässe *a* zurückführbar ist, ergiebt sich aus der Thatsache, dass, wenn in freier Luft Funken zwischen Kugeln erscheinen, sie häufig nicht gerade sind, sondern auf andern als dem kürzesten Wege gehen. Diese Veränderungen in der Luft selbst und an verschiedenen Theilen der nämlichen Kugeln erweisen das Dasein und den Einfluss von Umständen, welche berechnet sind, Wirkungen von der hier betrachteten Art hervorzubringen.

1392. Wenn an einem der Zwischenräume einmal ein Funke übergegangen ist, so hat er gewöhnlich eine stärkere Neigung zum Erscheinen an demselben Zwischenraum, gleich wie wenn dort eine Vorbereitung zum Uebergange der späteren Funken gemacht wäre. So erscheinen auch, wenn man mit schnellem Drehen der Maschine fortfährt, die Funken gewöhnlich an derselben Stelle. Diese Wirkung entspringt vermuthlich zum Theil aus der von den früheren Funken bewirkten Erwärmung der Luft, zum Theil von Staub, zum Theil auch von Etwas bisher in den Umständen der Entladung noch nicht Wahrgenommenem.

1393. Ein sehr merkwürdiger, in seiner Richtung constanter Unterschied tritt ein, wenn mit der den Kugeln *s*

und S mitgetheilten Elektricität vom Positiven ins Negative oder umgekehrt gewechselt wird. Er besteht darin, dass der Umfang der Variation bei positiver Ladung der kleinen Kugeln immer grösser ist als bei negativer. Dies zeigt sich in der folgenden, aus den früheren Versuchen gezogenen Tafel:

Umfang der Veränderung	Positiv	Negativ
in Luft	0,19	0,09
» Sauerstoff	0,19	0,02
» Stickstoff	0,13	0,11
» Wasserstoff	0,14	0,05
» Kohlensäure	0,16	0,02
» ölbildendem Gas	0,22	0,08
» Steinkohlengas	0,24	0,12
» Salzsäuregas	0,43	0,08

Ich zweifle nicht, dass diese Zahlen eine bedeutende Berichtigung erfordern; allein das allgemeine Resultat ist auffallend und der Unterschied in mehreren Fällen sehr gross.

1394. Wiewohl in Folge der Veränderung der Schlagweite (1386) der Zwischenraum in Luft für jetzt kein Maass des Isolations- oder Widerstandsvermögens des Gases in dem Gefässe ist, so können wir doch für gegenwärtige Zwecke den mittleren Zwischenraum als ungefähren Ausdruck jenes Vermögens ansehen. Bei Betrachtung dieser mittleren Zwischenräume, wie sie in der dritten Columne (1388) gegeben sind, wird sogleich einleuchtend, dass Gase, als Dielektrica angewandt, besondere elektrische Beziehungen zur Isolation, und deshalb auch zur Vertheilung besitzen, ganz andere, als man vielleicht von ihren blossen physikalischen Eigenschaften des specifischen Gewichts oder des Druckes erwarten sollte.

1395. Zuerst ist klar, dass sie unter demselben Druck nicht gleich sind, indem die Unterschiede von 37 auf 110 steigen. Bei positiver Ladung der Kugeln, bei gleichen Oberflächen und gleichem Druck hat Salzsäuregas ein drei Mal grösseres Isolations- oder Hemm- (*restraining*) vermögen (1362) als Wasserstoffgas, und ein nahe doppeltes als Sauerstoff, Stickstoff und Luft.

1396. Es ist indess klar, dass die Verschiedenheit nicht aus dem specifischen Gewicht entspringt; denn obwohl Wasserstoff am tiefsten steht, und deshalb tiefer als Sauerstoff, steht Sauerstoff viel unter Stickstoff oder ölbildendem Gas; und Kohlensäure, obwohl bedeutend schwerer

als ölbildendes oder Salzsäuregas, steht niedriger als beide; Sauerstoff als ein schweres und ölbildendes Gas als ein leichtes stehen im strengsten Contrast zu einander, und wenn wir aus *Harris'* Versuchen mit Luft (1365) auf ölbildendes Gas schliessen dürfen, so könnte dasselbe bis zu zwei Drittel seiner gewöhnlichen Dichte oder bis zum specifischen Gewicht von 9,3 (Wasserstoff = 1) verdünnt werden, und würde doch, ohne dieselbe Dichte und denselben Druck wie Sauerstoff zu haben, gleiches Isolationsvermögen oder gleiches Entladungswiderstreben wie dieses besitzen.

1397. Versuche, welche die Gleichheit der Gase in ihrem Vertheilungsvermögen erweisen, sind bereits beschrieben (1291. 1292). Dies Resultat steht nicht im Widerspruch mit dem Dasein grosser Unterschiede in ihrem Isolationsvermögen. Dasselbe ist bereits in Bezug auf dichte und lockere Luft bemerkt worden (1375).

1398. Hieraus entspringt ein neues Argument zum Erweise, dass es nicht bloss der Druck der Luft sein kann, was die Entladung verhütet oder bedingt (1377. 1378), sondern dass es eine specifische elektrische Eigenschaft des gasigen Mediums sein muss. Hieraus auch ein neuer Grund für die Theorie der molecularen Vertheilungsaction.

1399. Wie roh die vorstehende Reihe von Versuchen auch sein mag, so lassen sich doch noch andere Verschiedenheiten der Gase aus derselben ableiten. So geben die positive und die negative Reihe der mittleren Zwischenräume nicht dieselben Unterschiede. Es ist schon bemerkt, dass die negativen Zahlen kleiner sind als die positiven (1393); allein ausserdem ist auch die Ordnung der positiven und negativen Resultate nicht gleich. Vergleicht man z. B. die Mittelzahlen (welche für jetzt die Isolationsspannung bezeichnen), so erhellt, dass in Luft, Wasserstoff, Kohlensäure, ölbildendem Gas und Salzsäuregas die Spannung höher steigt, wenn die kleine Kugel positiv gemacht, als wenn sie negativ ist, während in Sauerstoff, Stickstoff und Steinkohlengas das Umgekehrte stattfindet. Wiewohl nun die Zahlen nicht für genau zu erachten sind, und wiewohl Luft, Sauerstoff und Stickstoff wahrscheinlich auf der einen Seite stehen, so zeigen doch einige der Resultate, z. B. die mit Salzsäuregas, dass in dieser Beziehung eine besondere Verschiedenheit zwischen den Gasen vorhanden ist. Dies erwies sich ferner, als der Zwischenraum in Luft gleich 0″,8 gemacht und das Gefäss *a* mit Luft gefüllt war; denn

bei positiver Ladung der kleinen Kugeln *s* und *S* geschah die ganze Entladung durch die Luft, während sie bei negativer Ladung ganz durch das Salzsäuregas ging.

1400. So fand sich auch, dass, wenn der Conductor *n* nur mit dem Salzsäuregasapparat verbunden war, die Entladung leichter bei negativer Ladung der kleinen Kugel *s* als bei positiver geschah; denn im letzteren Fall ging viel von der Elektricität als Lichtbüschelentladung aus dem Verbindungsdraht *p* durch die Luft; allein im ersteren Fall schien alles durch das Salzsäuregas zu gehen.

1401. Die Betrachtung der positiven und negativen Entladung durch Luft und andere Gase wird indess in dem ferneren Theile dieser oder in der nächsten Abhandlung wieder aufgenommen werden.

1402. Für jetzt muss ich diesen Theil des Gegenstandes verlassen; er bezweckte nur zu zeigen, inwieweit die Gase in dem Vermögen übereinkommen oder abweichen, auf Körper, die vertheilend durch sie hin (die Gase) wirken, eine Ladung zurückzuhalten. Alle Resultate neigen dahin zu zeigen, dass die Vertheilung eine Wirkung angrenzender Molecüle sei (1295 u. s. w.); allein ausserdem, dass sie diesen Hauptsatz der gegenwärtigen Untersuchung bestätigen, tragen sie auch dazu bei, die specifischen Eigenschaften der gasigen Dielektrica zu enthalten; zugleich zeigen sie, dass weitere und ausgedehnte Experimentaluntersuchungen nöthig sind, dabei neue Entdeckungen als Belohnung für die erforderliche Arbeit versprechend.

1403. Gehen wir von den gasigen Dielektricis zu den flüssigen oder starren über, so muss für jetzt unser Raisonnement mehr den Charakter einer blossen Hypothese annehmen; doch erblicke ich in den Erscheinungen, welche diese Körper darbieten, nichts, was der Theorie widerspräche. Nehmen wir drei Dielektrica, wie Luft, Terpentinöl und Schellack, gebrauchen dieselben Kugeln oder Conductoren bei denselben Zwischenräumen in diesen Substanzen, und erhöhen die Intensität der Induction, bis eine Entladung stattfindet, so ergiebt sich, dass sie in der Flüssigkeit mehr als in dem Gase, und in dem Starren mehr als in dem Flüssigen erhöht werden muss. Dies ist nicht unvereinbar mit der Theorie; denn mit der Flüssigkeit, obgleich sich deren Theilchen fast eben so leicht als die des Gases bewegen, werden viel mehr Theilchen in einen gegebenen Zwischenraum eingeführt, und was diesen Umstand betrifft, so tritt bei Anwendung eines starren Körpers

der nämliche Fall ein. Ueberdies wird die Cohäsion des gebrauchten Körpers einigen Einfluss ausüben; denn wiewohl die Erzeugung des Polarisationszustandes in dem Theilchen eines starren Körpers durch dessen Starrheit oder durch andere Umstände nicht verhindert, sondern im Gegentheil in einigen Fällen selbst befördert werden mag (1163. 1344), so kann doch die Starrheit einen Einfluss auf die endliche Vernichtung desselben ausüben (just so wie sie Entladung in einem Elektrolyten verhindert) und so ein weit grösseres Steigen der Vertheilungsintensität zulassen.

1404. Ueberdies finden sich in der Fähigkeit zur Annahme des Polarisationszustandes und so auch in der zur Entladung nothwendigen Erhöhung dieser Polarität sehr wahrscheinlich specifische Verschiedenheiten bei den starren und flüssigen Körpern. Eine analoge Verschiedenheit in dem specifischen Vertheilungsvermögen ist bereits für ein Paar Substanzen (1278) in dem letzten Aufsatz nachgewiesen. Solch eine Verschiedenheit würde selbst die verschiedenen Grade des Isolations- und Leitungsvermögens verschiedener Körper erklären, und wenn sie vorhanden wäre, dem Argument zu Gunsten der Moleculartheorie von der Vertheilung eine fernere Verstärkung verleihen.

1405. Nachdem wir die verschiedenen Fälle von unterhaltener Isolation in nicht leitenden di-elektrischen Körpern bis zu dem höchsten Punkt, den sie erreichen können, betrachtet haben, finden wir, dass sie zuletzt mit einer Zerreissungsentladung endigen; wobei der besondere Zustand der Theilchen des Dielektricums, der zur Fortdauer der Vertheilung nöthig war, eben so wesentlich ist zum Eintreten des Vorgangs, welcher alle Erscheinungen beschliesst. Diese Entladung ist nicht nur in ihrem Ansehen und ihrer Beschaffenheit verschieden von den früher betrachteten Vorgängen (*modes*), welche eine Schwächung der Kräfte bewirken (1320. 1343), sondern auch, obwohl im Principe wirklich gleich, in sich selbst verschieden durch gewisse Charaktere, und so zeigt sie sich uns unter der Form von Funken, Lichtbüscheln und Erglimmungen (*glow*) (1359). Zuvörderst will ich den Funken betrachten, denselben jedoch für jetzt beschränkend auf den Fall der Entladung zwischen zwei entgegengesetzt elektrisirten leitenden Flächen.

Der elektrische Funke oder Blitz (*flash*).

1406. Der Funke ist eine Entladung oder Schwächung des inductiven Polarisationszustandes vieler di-elektrischer

Theilchen durch eine besondere Wirkung einiger wenigen dieser Theilchen, die einen sehr kleinen und beschränkten Raum einnehmen; alle zuvor polarisirten Theilchen kehren dabei in ihren anfänglichen oder normalen Zustand zurück, in umgekehrter Ordnung, in welcher sie ihn verlassen haben, und sie vereinigen mittlerweile ihre Kräfte (*powers*), um den Entladungseffect zu erzeugen oder vielmehr fortzusetzen (1417. 1436), an dem Ort, wo der Umsturz der Kraft (*force*) zuerst stattfand. Meine Meinung (*impression*) ist, dass die wenigen Theilchen, welche am Orte der Entladung befindlich sind, nicht bloss bei Seite gestossen, sondern in einen eigenthümlichen, einen temporär höchst aufgeregten (*exalted*) Zustand versetzt werden, d. h. dass sie nach und nach alle umgebenden Kräfte auf sich häufen, und demgemäss zu einer Intensität des Zustandes (*intensity of condition*) steigen, die vielleicht der von chemisch sich verbindenden Atomen gleich ist, und so die Kräfte (*possibly in the same manner as they do theirs*) durch eine uns für jetzt unbekannte Operation entladen. Der Endeffect ist genau so, wie wenn ein Metalldraht an die Stelle der entladenden Theilchen gesetzt wäre, und es scheint nicht unmöglich, dass die Principien der Action sich späterhin in beiden Fällen als gleich erweisen.

1407. Die Bahn des Funkens oder der Entladung hängt ab von dem Spannungsgrad, den die Theilchen in der Entladungslinie erlangt haben, von Umständen, welche, in jedem gewöhnlichen Fall sehr einleuchtend, und durch die Theorie leicht verständlich, denselben in ihnen mehr steigern als in den benachbarten, und indem sie sie erst auf den erforderlichen Zustand erheben, sie veranlassen, die Bahn der Entladung zu bestimmen. Hieraus dann die Auswahl der Bahn und die Lösung des nach der alten Theorie vorhandenen und von *Harris* so schön beschriebenen Wunders*). Alles ist, durch die vorausgegangene Vertheilung, unter den Theilchen vorbereitet für die Bahn des elektrischen Funkens oder des Blitzes selbst (*for the path either of electric spark or of Lightning itself*).

1408. Dieselbe Schwierigkeit ist von *Nobili***) als Princip für die *Volta*'sche Elektricität ausgesprochen, fast in *Harris*' Worten, nämlich so: »die Elektricität richtet sich gegen den

*) Nautical Magazine, 1834, p. 229.
**) Bibl. univers. 1835, LIX, p. 275.

Punkt, wo sie sich am leichtesten entladen kann«, und die Resultate hiervon als Princip hat er für die *Volta*'schen Ströme wohl dargethan (*wrought out*). Allein die Lösung der Schwierigkeit, oder der nächsten Ursache der Effecte ist dieselbe; Vertheilung bringt die Theilchen auf oder an einen gewissen Zustand (1370); und durch die, welche ihn am ersten erreichen, wird die Entladung am ersten und wirksamsten ausgeführt.

1409. Der Moment der Entladung wird wahrscheinlich durch dasjenige Theilchen des Dielekticums bedingt, welches, der Umstände wegen, in seiner Spannung am schnellsten auf das Maximum der Intensität gesteigert ist. In allen Fällen, wo die Entladung von einem Leiter zum anderen übergeht, muss dieses Theilchen auf der Oberfläche eines von ihnen befindlich sein; wenn sie aber von einem Leiter zu einem Nichtleiter übergeht, ist dem vielleicht nicht immer so (1453). Wenn dieses Theilchen das Maximum seiner Spannung erreicht hat, so wird der ganze Widerstandsdamm (*barrier of resistance*) in der an ihm (*it* — dem Theilchen) entspringenden Vertheilungslinie (oder Linien) niedergerissen, und es erfolgt eine zerreissende Entladung (1370)[16]. Ein solcher Schluss, gezogen wie er ist aus der Theorie, scheint mir im Einklang mit *Harris*' Thatsachen und Folgerungen in Bezug auf den Widerstand der Atmosphäre, nämlich dass er bei Einer Schlagweite nicht grösser ist als bei irgend einer andern *).

1410. Es ist wahrscheinlich, dass die zur Entladung nöthige Spannung eines Theilchens eines und desselben Dielektricums, wie Luft, eine constante Grösse ist, gleichviel, ob der mit ihm in Berührung stehende Theil des Leiters eine Kugel- oder Spitzen- oder sonst eine Gestalt besitzt, was für eine Dicke oder Tiefe, vielleicht sogar was für eine Verdünnung oder Verdichtung das Dielektricum, durch welches die Vertheilung geschieht, auch haben mag, und gleichviel ob der Leiter, mit welchem das Theilchen für den Moment verknüpft ist, ein guter oder schlechter ist. Ich will damit nicht sagen, dass nicht durch die Einwirkung der benachbarten Theilchen auf das entscheidende Theilchen kleine Unterschiede entspringen können; denn in der That muss die für ein Theilchen erforderliche Intensität in Beziehung stehen zu der der benachbarten Theilchen. Allein wenn die Erwartung sich

*) Philos. Transact. 1834, p. 227. 229.

annähernd als wahr erweist; was für eine Allgemeinheit des Charakters bietet sie nicht dar! Und dürfen wir nicht hoffen, in der Bestimmtheit der Kraft eines besonderen Theilchens eine unmittelbare Beziehung zu finden zu jener Kraft, die, als elektrisch, ebenfalls bestimmt ist, und die chemische Verwandtschaft ausmacht?

1411. Theoretisch genommen scheint es, als müssten im Moment der Entladung durch den Funken in Einer Linie der Vertheilungskraft nicht bloss alle übrigen Linien ihre Kräfte in diese eine werfen (1406), sondern auch der Seiteneffect, welcher einer Abstossung dieser Linien gleichkommt (1224. 1297), unterstützt werden, und ihm Etwas folgen, was einer entgegengesetzten Wirkung, einem Collapsus oder einer Attraction dieser Theilchen gleichwerthig wäre. Lange suchend nach einer Transversalkraft bei der statischen Elektricität, welche dem Magnetismus oder der Transversalkraft der strömenden Elektricität entspräche, und glaubend, dass sie zusammenhängen möchte mit der schon beschriebenen Transversalwirkung der Vertheilungslinien (1297) war ich begierig durch verschiedene Versuche die Wirkung einer solchen Kraft nachzuweisen, und sie in Zusammenhang zu setzen mit den Erscheinungen des Elektromagnetismus und der Magnetoelektricität.

1412. Unter andern erwartete ich, dass zwischen zwei gleichen Funken, wenn man sie gleichzeitig und hinreichend nahe neben einander hervorbringen könnte, eine Seitenwirkung (*mutual affection or even lateral coalition*) stattfinden würde. Zu dem Ende wurden zwei gleiche Leidner Flaschen an ihren Knöpfen mit zwei horizontalen Stiften von 0,2 Zoll Dicke und zugerundeten Enden versehen. Die Flaschen wurden auf ien Blatt Zinnfolie gestellt, und zwar so, dass ihre Stifte *a* und *b*, einander nahe, in der in Fig. 3 abgebildeten Lage befindlich waren; *c* und *d* waren zwei isolirte und durch einen Messingstab verbundene Messingkugeln; *e* war auch eine Messingkugel, die durch einen Draht mit dem Boden und mit der Zinnfolie, auf welcher die Leidner Flaschen standen, in Verbindung gesetzt waren. Indem ich nun einen isolirten Metallstab quer auf *a* und *b* legte, die Flaschen lud und den Stab fortnahm,

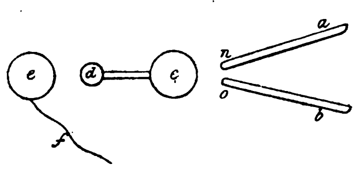


Fig. 3.

konnte ich beiden Flaschen eine gleich starke Ladung geben[17]) (1370). Als ich nun die Kugel *e* der Kugel *d* näherte, schlugen, im Moment als dort der Funke erschien, zwischen den Stiften *n* und *o* und der Kugel *c* zwei Funken über, und zwar, so weit als das Auge entscheiden konnte, gleichzeitig.

1413. Unter diesen Umständen fanden zwei Entladungsweisen statt. Entweder sandte jedes Ende seinen eignen Funken auf die Kugel, oder nur das eine Ende wurde mit der Kugel durch einen Funken verknüpft, während zugleich zwischen diesem und dem andern Ende ein Funke überschlug.

1414. Wenn die Kugel *c* etwa einen Zoll im Durchmesser hatte, und die Enden *n* und *o* etwa einen halben Zoll von ihr und etwa 0,4 Zoll von einander standen, konnten die beiden Funken auf die Kugel *c* erhalten werden. Wenn, um die Funken näher an einander zu bringen, die Enden *n* und *o* dichter zusammengerückt wurden, so schlug, aller sorgfältigen Ajustirung ungeachtet, nur zwischen dem einen Ende und der Kugel ein Funke über, während zugleich zwischen ihm und dem andern Ende ein Funke erschien; und die geringste Aenderung in der Lage machte, dass eins der beiden Enden *n* oder *o* der Kugel den Funken gab, und zugleich durch oder vermittelst dieses das andere seine Elektricität entlud.

1415. Bei Verkleinerung der Kugel *c* fand ich, dass es nützlich war, den Abstand zwischen den Enden *n* und *o* zu vergrössern im Verhältniss des Abstandes zwischen ihnen und der Kugel *c*. Bei Vergrösserung von *c* konnte ich den Abstand verringern und so die beiden gleichzeitigen Funken einander näher bringen, bis zuletzt der Abstand zwischen ihnen, an der weitesten Stelle, nicht mehr als 0,6 ihrer ganzen Länge war.

1416. Ich liess viele Funken überschlagen und beobachtete sie sorgfältig. Sie waren sehr selten gerade, vielmehr entweder gekrümmt oder unregelmässig gebogen. In der Regel waren sie, glaube ich, entschieden convex gegen einander; vielleicht waren zwei Drittel so gestaltet, die übrigen mehr oder weniger auswärts gebogen. Niemals war ich jedoch im Stande Funken zu erhalten, welche die Drahtenden *n* und *o* einzeln verliessen, und, ehe sie die Kugel *c* erreichten, in einen einzigen zusammenflossen. Bis jetzt kann ich das Zusammenfliessen der Funken noch nicht als Thatsache hinstellen, wiewohl ich glaube eine Neigung dazu bemerkt zu haben.

1417. Doch zeigte sich hier eine sehr interessante Erscheinung, analog oder zum Theil vielleicht gleich der von mir gesuchten, nämlich eine erhöhte Leichtigkeit der Entladung dort, wo schon ein Funke übergeschlagen war. In den Fällen z. B. wo das eine Ende, wie *n*, die Elektricität beider Enden auf die Kugel *c* entlud, hatte die Elektricität des andern Endes *o* eine Luftdicke zu durchdringen 1,5 Mal so gross als die, welche sie bei directem Uebergang von diesem zu der Kugel durchlaufen haben würde. In solchen Fällen konnte das Auge, selbst mit Anwendung des *Wheatstone*'schen Mittels*) nicht unterscheiden, dass der Funke aus dem Ende *n*, welcher beide Portionen von Elektricität enthielt, ein doppelter war. Er konnte nicht aus zwei gesondert gehenden Funken bestanden haben, denn dies würde dem Auge sichtbar gewesen sein; doch ist es auch möglich, dass der Funke des ersten Endes *n* und seiner Flasche, indem er sehr kurze Zeit vor dem des andern *o* überging, die Luft auf seinem Wege erhitzt und ausdehnt, und somit für Entladung geeigneter gemacht hatte, so dass die Elektricität des Endes *o* lieber durch diese Luft ging und einen Umweg machte, als den geraden Weg zu der Kugel einschlug[18]). Es muss jedoch gegen diese Voraussetzung bemerkt werden, dass der Eine Funke zwischen *d* und *e* durch seinen Einfluss eine gleichzeitige Entladung bei *n* und *o* hervorzubringen gesucht, und wirklich hervorgebracht haben würde, wenn dem einen Draht kein Uebergewicht über den andern in Bezug auf die vorausgegangene Vertheilung (1414) gegeben worden wäre.

1418. Thatsache ist jedoch, dass die zerreissende Entladung sich selbst begünstigt. Sie ist anfangs ein Fall von wankendem Gleichgewicht, und wenn Zeit, auch nur im kleinsten Verhältniss (1436), ein Element der Entladung ist, so begünstigt der Anfang der Action an irgend einem Punkt ihre Fortdauer und Steigerung daselbst, und Portionen der Kraft werden auf einem Wege entladen, den sie sonst nicht eingeschlagen haben würden.

1419. Die blosse Erhitzung und Ausdehnung der Luft durch die erste übergehende Portion von Elektricität muss einen grossen Einfluss auf die Hervorbringung dieser Resultate ausüben.

---

*) Philos. Transact. 1834, p. 584 et 585. (Annalen, Bd. XXXIV, S. 464.

1420. Was das Resultat selbst betrifft, so sehen wir dessen Einfluss bei jedem überschlagenden Funken. Denn es ist nicht die ganze übergehende Menge, was die Entladung bedingt, sondern bloss der kleine Kraftantheil, welcher das entscheidende Molecül (1370) auf sein Minimum von Spannung bringt; dann, wann dessen Kräfte überwältigt sind und Entladung beginnt, geht der ganze Rest, vermöge des Einflusses der eben erwähnten begünstigenden Umstände, auf demselben Wege über; und die Entladung ist vollkommen, es mag die Elektricität die von Einem oder von tausend Quadratzoll geladenen Glases sein. Späterhin werden wir den Einfluss dieses Effects auf Bildung der Lichtbüschel (1435) kennen lernen, und es ist nicht unmöglich, dass wir ihn auch bei Erzeugung der gekerbten Funken und gezackten Blitze wieder finden.

1421. Die Charaktere des elektrischen Funkens sind in verschiedenen Gasen ungleich, und das vielleicht bloss wegen der Wirkung der in dem Moment entwickelten Wärme, vielleicht aber auch wegen der von mir als Basis der Vertheilungstheorie angenommenen specifischen Relation zwischen den Theilchen und elektrischen Kräften. Die Thatsachen sind einer solchen Meinung nicht zuwider, und in dieser Ansicht verstärkt jene Ungleichheit das Argument für die Molecularaction, so wie sie auch den Einfluss der letzteren in jedem Theil des elektrischen Effects (1423. 1454) zu zeigen scheint.

1422. Die Erscheinungen bei den Funken in verschiedenen Gasen sind oft beobachtet und beschrieben*), doch halte ich es nicht für überflüssig folgende Resultate in Kürze anzugeben. Sie wurden mit Messingkugeln (Platinflächen würden besser gewesen sein) und unter gewöhnlichem Druck erhalten. In Luft haben die Funken jenes intensive Licht und jene blaue Farbe, welche so bekannt sind, und wenn die übergehende Elektricitätsmenge nicht gross ist, haben sie oft schwache oder dunkle Stellen in ihrem Laufe. In Stickgas sind sie sehr schön, im Allgemeinen von gleichem Ansehen wie in der Luft, doch entschieden von mehr blauer und purpurrother Farbe, und, wie mir schien, merkwürdig laut (*sonorous*). In Sauerstoff waren die Funken weisser als in Luft oder

*) *Van Marum*'s Beschreibung der *Teyler*'schen Maschine, Vol. I, p. 112 und Vol. II, p. 196; Encyc. Brit. Vol. VI, Art. Electricity, p. 505. 507.

Stickgas, doch, glaube ich, nicht so glänzend. In Wasserstoff hatten sie eine feine Carmoisinfarbe, nicht wegen dessen Lockerheit, denn die Farbe verschwand beim Verdünnen der Atmosphäre (1459)*); das Geräusch war in diesem Gase sehr schwach, doch dies ist eine Folge der physischen Beschaffenheit des letzteren**). In Kohlensäuregas war die Farbe der in Luft ähnlich, doch mit Beimischung von etwas Grün. Die Funken waren von merkwürdig unregelmässiger Gestalt, mehr als in gemeiner Luft; sie konnten auch, bei Gleichheit in Grösse der Kugel u. s. w., von grösserer Länge als in Luft erhalten werden, indem das Gas eine besondere Leichtigkeit zeigte, die Entladung in Form von Funken übergehen zu lassen. Im Salzsäuregas war der Funke fast weiss, durch und durch gleich hell, nirgends jene dunkeln Stellen zeigend, welche in Luft, Stickgas und andern Gasen vorkommen. Das Gas war trocken, und während des ganzen Versuchs blieb die Oberfläche des Glases inwendig vollkommen trocken und hell. In Steinkohlengas war der Funke zuweilen grün, zuweilen roth, zuweilen an einer Stelle grün, und an einer andern roth. Auch kommen in der Linie des Funkens sehr plötzlich dunkle Stellen vor (*Black parts also occur very suddenly in the line of spark i. e. they are not connected by any dull part with bright portions*, *but the two seem to join directly one with the other*).

1423. Diese Verschiedenheiten des Ansehens erweckten in mir den Gedanken, dass sie von einer directen Relation der elektrischen Kräfte zu den Theilchen des Dielektricums, durch welches hin die Entladung geschieht, herrührten, und nicht von einem zufälligen Glühen oder einer secundären Wirkungsweise der Elektricität auf die Theilchen, welche sie auf ihrem Wege antrifft und bei Seite stösst.

1424. Die Funken können (*may*) in weit dichteren Mitteln als die Luft, z. B. in Terpentinöl, Baumöl, Harz, Glas u. s. w. erhalten werden, auch in dichteren Körpern, die den Leitern näher kommen, wie Wallrath, Wasser u. s. w. Allein in diesen Fällen zeigt sich nichts, was, so weit ich einsehen kann, den hier aufgestellten allgemeinen Ansichten zuwider wäre.

---

*) *Van Marum* sagt, sie seien in Wasserstoff ungefähr vier Mal so lang als in Luft, Vol. I, p. 122.

**) *Leslie.*

Der elektrische Lichtbüschel.

1425. Der Lichtbüschel (*brush*) ist die nächste Form von Zerreissungsentladung, welche ich betrachten will. Es giebt verschiedene Wege ihn zu erhalten, oder vielmehr seine Charaktere zu steigern; und alle diese Wege erläutern die Principien, nach denen er gebildet wird. Wenn von einem isolirten Leiter, der mit dem positiven Conductor der Elektrisirmaschine verbunden ist, ein 0'',3 dicker und in einem zugerundeten Ende oder Knopf endigender Metallstab abwärts von der Maschine hervorragt, so giebt er gewöhnlich gute Lichtbüschel, oder wenn die Maschine nicht in rechter Wirksamkeit ist, lässt sich die Bildung der Büschel durch verschiedene Mittel befördern; so kann man die Hand oder irgend eine grosse leitende Fläche jenem Ende nähern, um die Vertheilungskraft zu erhöhen (1374), oder man kann das Ende kleiner und von schlecht leitender Substanz, z. B. Holz, nehmen, oder zwischen dem ersten Conductor der Maschine und dem zweiten, zu welchen das die Büschel liefernde Ende gehört, Funken überschlagen lassen, oder endlich, was den Büscheln ein ausserordentlich schönes Ansehen und eine bedeutende Grösse giebt, die Luft rings um die Spitze entweder durch Erwärmung oder durch Auspumpen mehr oder weniger verdünnen, und dabei auch die ersten begünstigenden Umstände beibehalten.

1426. Erhalten durch eine kräftige Maschine an einem Knopf von 0'',7 Durchmesser am Ende eines langen, auf dem positiven ersten Conductor befestigten Messingstabes hat der Büschel im Allgemeinen das Ansehen der Fig. 4. Ein kurzer kegelförmiger heller Theil schiesst geradezu von der Mitte des Knopfes aus, und breitet sich, in einem kleinen Abstande von der Kugel, plötzlich in einen breiten Büschel von blassen Zweigen aus, die in zitternder Bewegung sind, begleitet von einem leisen knisternden Geräusch.

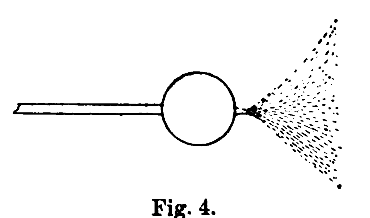


Fig. 4.

1427. Auf den ersten Blick scheint der Büschel zusammenhängend zu sein; allein Hr. *Wheatstone* hat gezeigt, dass er aus einer Reihe intermittirender Entladungen

besteht*). Wenn man das Auge, nicht durch eine Bewegung des Kopfes, sondern des Augapfels selbst, rasch quer durch die Richtung des Büschels führt, indem man standhaft erst 10° bis 15° darüber und dann plötzlich eben so viel darunter wegsieht, so löst sich der allgemeine Büschel in eine Anzahl besonderer Büschel auf, die auf der Linie, die das Auge durchlief, in einer Reihe stehen; jeder besondere Büschel ist das Resultat einer einzelnen Entladung, und der Raum zwischen ihnen repräsentirt sowohl die Zeit, während das Auge durch diesen Raum geführt ward, als auch die, welche zwischen der einen und der andern Entladung verstrich.

1428. Die einzelnen Büschel konnten leicht zu acht bis zehn Mal ihrer eignen Breite von einander getrennt werden, waren aber nicht zur selben Zeit ausgedehnt, d. h. sie wurden nicht unbestimmter in Gestalt, sondern im Gegentheil, vermöge ihrer Sonderung von einander, bestimmter in Gestalt, Verzweigung und Charakter. Sie waren daher instantan in ihrer Existenz (1436). Jeder hatte die konische Wurzel vollständig.

1429. Bei Anwendung einer kleineren Kugel war der allgemeine Büschel kleiner, und das Geräusch, obwohl schwächer, doch continuirlicher. Bei Auflösung des Büschels in seine elementaren Bestandtheile, wie zuvor, zeigten diese sich in weit kürzeren Intervallen auftretend, doch war die Entladung noch intermittirend.

1430. Bei Anwendung eines Drahts mit rundem Ende war der Büschel noch kleiner, jedoch, wie zuvor, in successive Entladungen trennbar. Das Geräusch, obwohl schwächer, war höher im Klang und ein deutlicher musikalischer Ton.

1431. In der That entspringt das Geräusch aus dem wiederholten Laut einer jeden einzelnen Entladung, und da diese unter gewöhnlichen Umständen in fast gleichen Zwischenzeiten eintreten, so entsteht ein bestimmter Ton, welcher, da seine Höhe mit vermehrter Schnelligkeit und Regelmässigkeit der intermittirenden Entladungen steigt, ein leichtes und genaues Mittel zur Messung der Intervalle liefert, und dadurch allemal, wenn die Entladung gehört wird, selbst im Fall man die Erscheinungen nicht sieht, zur Bestimmung des Elements der Zeit benutzt werden kann. So auch, wenn wir die Hand einem hervorspringenden Stab oder Knopf nähern, lehrt uns die steigende Höhe des von der Büschelentladung erzeugten

*) Philos. Transact. 1834, p. 586 (Ann. Bd. XXXIV, S. 469).

Tons, dass wir die Vertheilung (1374) und damit die Schnelligkeit der Abwechslungen von Ladung und Entladung erhöht haben.

1432. Bei Anwendung von Drähten mit dünneren Enden wurden kleinere Lichtbüschel erhalten, bis sie endlich kaum noch als Büschel erkannt werden konnten. So lange indess noch ein Geräusch gehört ward, liess sich die Entladung, durch das Auge, als intermittirend erkennen; und wenn das Geräusch verschwand, wurde das Licht continuirlich, ein Glimmen (1359. 1405).

1433. Für die, welche nicht gewohnt sind das Auge in eben beschriebener Weise zu gebrauchen, oder im Fall die Wiederholungen für das Auge zu rasch geschehen, wird der schöne Apparat des Hrn. *Wheatstone* mit dem rotirenden Spiegel nützlich sein*). Ein anderes vortreffliches Verfahren besteht darin, dass man den Lichtbüschel oder das leuchtende Phänomen an dem Ende eines Stabes erzeugt, den man in der Hand einem positiv oder negativ geladenen Conductor gegenüber hält, und darauf rasch von einer Seite zur andern bewegt, während das Auge ruhig bleibt. Die successiven Entladungen geschehen dem zufolge an verschiedenen Orten, und man kann den Zustand der Dinge vor, bei und nach einem einzigen Aufblitzen (*coruscation*) oder Büschel ausserordentlich gut auseinander legen.

1434. Der Lichtbüschel ist in Wirklichkeit eine Entladung zwischen einem schlechten oder einem Nichtleiter und einem Leiter oder einem anderen Nichtleiter. Unter den gewöhnlichen Umständen ist der Büschel eine Entladung zwischen einem Leiter und Luft, und ich glaube, er findet ungefähr in folgender Weise statt. Wenn das Ende eines elektrisirten Stabes in die Mitte eines Zimmers hineinragt, so findet zwischen ihm und den Wänden des Zimmers quer durch das Dielektricum, die Luft, eine Vertheilung statt; und die Linien der Vertheilungskraft häufen sich auf jenes Ende in grösserer Menge als irgendwo, oder die Lufttheilchen am Ende des Stabes werden, aus schon angegebenen Gründen (1374), höher polarisirt als an irgend einer anderen Stelle des Stabes. Die in Querschnitten auf den Linien der Vertheilungskraft liegenden Lufttheilchen sind am wenigsten polarisirt in Schnitten gegen die Wälle hin, und am meisten polarisirt in denen näher

*) Philos. Transact. 1834, p. 584. 588. (Ann. Bd. XXXIV, S. 469.)

am Ende der Drähte (1369); so kann es wohl geschehen, dass ein Theilchen am Ende des Drahts sich in einer Spannung befindet, die unmittelbar in Entladung übergeht, während die nur wenige Zoll davon entfernten in ihrer Spannung noch unter diesem Punkte sind. Gesetzt aber, der Stab sei positiv geladen und ein ihm nahes Lufttheilchen *A* (Fig. 5) sei polarisirt, habe demnach seine negative Kraft gegen den Stab und seine positive Kraft von ihm ab gekehrt. Im Augenblick, da eine Entladung stattfindet zwischen der positiven Kraft des der Luft gegenüberstehenden Stabtheilchens und der negativen Kraft des dem Stab zugewandten Lufttheilchens, wird das ganze Lufttheilchen positiv elektrisirt; und wenn im nächsten Augenblick der entladene Theil des Stabes, vermöge Zuleitung von der hinteren Metallfläche, seinen positiven Zustand wieder annimmt, wirkt er nicht nur auf die Theilchen jenseits *A*, indem er *A* wieder in den Polarisationszustand versetzt, sondern *A* selbst übt, vermöge seines Polarisationszustands, eine besondere Vertheilungswirkung auf diese entfernteren Theilchen aus, und dem zufolge ist die Spannung zwischen *A* und *B* so erhöht, dass auch dort eine Entladung stattfindet, so gut wie zwischen dem Metall und *A*.

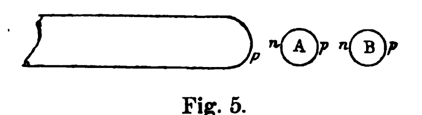


Fig. 5.

1435. Dazu kommt, dass wenn, wie gezeigt worden, der Act der Entladung einmal begonnen hat, die ganze Operation gleich einem unstabilen Gleichgewicht rasch zu Ende geführt wird (1370. 1418), der Act wird in seinem anderen Fortgang erleichtert, und andere Elektricität als die, welche die erste nothwendige Spannung erzeugte, eilt zu dem Ort. Wenn demnach die Zerreissungsentladung an der Wurzel eines Lichtbüschels einmal angefangen hat, so findet die elektrische Kraft, welche in dem am Stabe befestigten Conductor angehäuft ist, dort eine leichtere Entladung als anderswo, und folgt dem gleichsam für sie bezeichneten Weg, dabei den Conductor in einen partiell entladenen, und die Luft am Ende des Drahts in einen geladenen Zustand zurücklassend. Die zur Wiederherstellung der vollen Ladung des Conductors nöthige Zeit und die mehr oder weniger grosse Zerstreuung der geladenen Luft durch die vereinte Abstossung von dem Conductor und Anziehung zu den Wänden des Zimmers, gegen welche die

Vertheilung gerichtet ist, ist genau die Zeit, die zwischen einem Büschel und dem nächsten verstreicht (1420. 1427. 1431).

1436. Diese Beschreibung in Worten ist lang; allein so weit wir den Act oder die Kräfte, auf denen derselbe beruht, schätzen und messen können, giebt es nichts in dem Act, was verhinderte, dass er instantan sei. Die Betrachtung von Zeit ist jedoch unter mehreren Gesichtspunkten wichtig (1418) und in Bezug auf Zerreissungsentladung scheint es der Theorie nach weit wahrscheinlicher, sie in einem Lichtbüschel als in einem Funken zu entdecken, denn bei einem Büschel befinden sich die Theilchen in der Linie, durch welche die Entladung geht, in sehr verschiedenen Intensitätszuständen, und die Entladung ist schon an der Wurzel des Büschels vollendet, ehe noch die Theilchen an den Spitzen der Verzweigungen das Maximum ihrer Intensität erreicht haben [19]).

1437. Ich halte für wahrscheinlich, dass eine Büschelentladung ein successiver Effect in dieser Weise sei. Die Entladung beginnt an der Wurzel (1426), und, indem sie sich nach und nach auf alle Theile des elementaren Büschels ausdehnt, geht sie fortdauernd von der Wurzel und den vorher gebildeten Theilen aus, bis der ganze Büschel vollendet ist; durch die Intensitäts- und Kraftabnahme an dem Conductor hört er nun auf einmal in allen Theilen auf, bis er, wenn diese Kraft wiederum bis zu einem hinlänglichen Grade gestiegen ist, wieder hergestellt wird. Allein bei den Funken sind, vermöge der Umstände, die Theilchen in der Entladungslinie, von nahe gleicher Intensität in ihrer Polarisation, und daher erleiden sie die Entladung so nahe in Einem Moment, dass die Wahrnehmung der Zeit für uns ganz unmöglich ist.

1438. Hr. *Wheatstone* hat bereits Versuche angestellt, welche diesen Punkt vollkommen erläutern. Er fand, dass der Büschel im Allgemeinen eine merkliche Dauer habe, konnte aber bei dem Funken nichts davon entdecken*). Ich wiederholte, obwohl mit unvollkommeneren Mitteln, in der Absicht seinen Versuch, um zu sehen, ob man an dem Stiel oder der Wurzel des Büschels eine längere Dauer als an den Verzweigungen wahrnehmen könnte, und die Erscheinungen waren wirklich so, dass sie mich an einen solchen Vorgang glauben machten [20]).

---

*) Phil. Transact. 1835, p. 586, 590. (Ann. Bd. XXXIV S. 466.)

1439. Dass die Entladung in Verzweigungen zerfällt, und von diesen aus durch Luftstrecken geht, die rücksichtlich der daselbst erlangten Polarisation und Spannungsstufe ihrer Theilchen ganz oder nahe gleich sind, ist ein sehr natürliches Resultat des vorhergehenden Zustandes der Dinge, und eher zu erwarten, als dass die Entladung geradeaus in den Raum, in einer einzigen Linie zwischen den Theilchen hindurchginge, welche in einigem Abstand am Ende des Stabes einen niedrigeren Spannungszustand besitzen als die näheren; und während wir nicht anders schliessen können, als dass die Theilchen, wo die Zweige eines elementaren Büschels erscheinen, sich unter günstigeren Umständen zur Entladung befinden, als die dunkeln Stellen zwischen den Verzweigungen, können wir auch folgern, dass an den Stellen, wo das Licht der begleitenden Entladung gleich ist, auch die Umstände gleich seien. Die elementaren Büschel sind keineswegs von gleicher Gestalt, selbst wenn man sie ohne Bewegung des Stabes oder der umgebenden Gegenstände (1427. 1433) beobachtet, und es lässt sich annehmen, dass die successiven Entladungen in die umgebende Luftmasse stattfinden, durch verschiedene Wege an jedem Büschel, je nachdem kleine Umstände, wie Staub u. s. w. (1391. 1392) die Bahn bei einer Reihe von Theilchen mehr als bei der anderen begünstigt haben.

1440. Die Büschelentladung erfordert nicht nothwendig einen Strom des Mediums, in welchem der Büschel erscheint; der Strom ist zwar fast immer da, allein er ist eine Folge des Büschels, und soll späterhin betrachtet werden. Hält man eine positiv geladene stumpfe Spitze gegen unisolirtes Wasser, so erscheint ein Stern oder ein Glimmen an der Spitze, ein Luftstrom geht von ihm aus und die Oberfläche des Wassers wird eingedrückt; bringt man aber die Spitze so nahe, dass ein hörbarer Büschel übergeht, so verschwindet der Luftstrom augenblicklich, und die Oberfläche des Wassers wird vollkommen eben.

1441. Die Entladung durch einen Büschel geschieht nicht durch alle Lufttheilchen in der Nähe des elektrisirten Conductors, von welchem der Büschel ausgeht; sondern es sind bloss die Theile elektrisirt, von denen die Verzweigungen ausgehen; die Luft in den centralen dunkeln Stellen zwischen ihnen erhalten keine Ladung, und in der That ist ihre elektrische und inductive Spannung zur Zeit der Entladung bedeutend geschwächt. Denn gesetzt,

Fig. 6 stelle einen elementaren Büschel vor; die Vertheilung vor der Entladung geht von dem Stab ab und auswärts in divergirenden Linien gegen die entfernten Leiter, wie z. B. die Wände des Zimmers, und ein Theilchen *a* hat Polarität von einem gewissen Spannungsgrad, und strebt mit einer gewissen Kraft geladen zu werden; allein im Moment der Entladung erlangt auch die Luft in den Verzweigungen *b* und *d* einen positiven Zustand, und setzt ihren Einfluss dem des positiven Conductors auf *a* entgegen, und dadurch wird die Spannung des Theilchens *a* eher verringert als erhöht. Die geladenen Theilchen bei *b* und *d* sind nun inductive Körper; allein die Linien ihrer Vertheilungskraft sind nach auswärts gegen die Wände des Zimmers gerichtet. Die Richtung der Polarität und die Tendenz der übrigen Theilchen, sich von diesen laden zu lassen werden durch diese Kraftlinien oder in Uebereinstimmung mit ihnen bedingt.

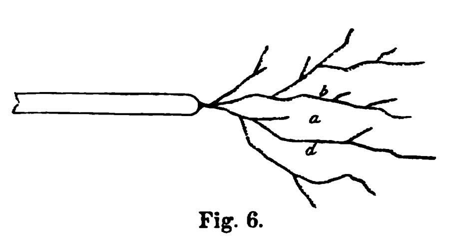


Fig. 6.

1442. Die Theilchen, welche geladen sind, sind es wahrscheinlich sehr stark; allein da das Medium ein Nichtleiter ist, so können sie diesen Zustand nicht den benachbarten mittheilen. Sie wandern daher unter dem Einfluss der anziehenden und abstossenden Kräfte von dem geladenen Leiter gegen den nächsten unisolirten Leiter oder den nächsten Körper, der zu ihnen in einem verschiedenen Zustand befindlich ist, gerade wie Staubtheilchen wandern würden, und werden dann geladen; jedes Theilchen wirkt dabei auf seinem Wege als ein Centrum von Vertheilungskraft auf jeden ihm nahe kommenden Körper.

1443. Das Wandern dieser geladenen Theilchen bewirkt, wenn sie zahlreich sind, Wind und Ströme, allein diese kommen bei der fortführenden Entladung in Betracht (1319). Wenn es heisst, Luft sei elektrisirt, und sie wird es oft in der Nähe von Elektrisirmaschinen, so besteht sie, meiner Ansicht nach, aus einer Mischung von elektrisirten und nicht elektrisirten Theilchen, von denen die letzteren bei weitem die Mehrzahl ausmachen. Wenn wir durch eine Flamme oder

durch Drähte Elektricität aus der Luft einsammeln, so geschieht dies entweder durch eine wirkliche Entladung dieser Theilchen oder durch Effecte, die auf deren vertheilender Wirkung beruhen, und es steht in unserem Belieben den einen oder den andern Fall hervorzubringen. Dass das Gesetz der Gleichheit zwischen den beiden Kräften oder Formen von Kraft in der vertheilenden Wirkung eben so streng bei diesen Fällen aufrecht erhalten wird als in anderen, ergiebt sich aus der früher (1173. 1174) angeführten Thatsache, dass, wie stark auch die Luft in einem Gefässe positiv geladen werden mochte, doch ein genau gleicher Betrag von negativer Kraft an der Innenfläche des Gefässes selbst vorhanden war, denn es konnte kein Rückstand von der einen oder andern Kraft erhalten werden.

1444. Ich habe nirgends gesagt, noch folgt es, dass die Luft nur da geladen sei, wo ein Lichtbüschel erscheint. Die Ladung kann sich jenseits der sichtbaren Theilchen ausdehnen, d. h. Theilchen rechts und links von den Lichtlinien mögen Elektricität erhalten; die Theilchen, welche leuchten, thun es nur, weil viel Elektricität von ihnen zu andern Theilchen übergeht (1437); gerade wie bei der Funkenentladung das Licht um so stärker ist, als mehr Elektricität übergeht, obwohl es in keiner Beziehung steht zu der Menge, welche zum Beginn der Entladung erfordert wird (1370. 1420). Hiernach ist die Gestalt eines Lichtbüschels keineswegs der Repräsentant der ganzen Menge von elektrisirter Luft; denn auch eine unsichtbare Portion, welche die sichtbare bis zu einer gewissen Tiefe überzieht, mag zugleich eine Ladung erhalten.

1445. Verschiedene Erscheinungen bei dem Salzsäuregas lassen mich glauben, dass dieses Gas eine dunkle Entladung gestatte. Zugleich ist es aus der Theorie ganz klar, dass in einigen Gasen das Umgekehrte stattfindet, d. h. dass die Ladung der Luft sich nicht so weit wie das Licht erstreckt. Wir kennen das elektrische Licht noch zu wenig, um angeben zu können, worauf es beruht, und sehr möglich ist, dass, wenn Elektricität in Luft ausbricht, deren sämmtliche Theile sich in einem Spannungszustand befinden, das Licht von den Theilchen entwickelt wird, welche nicht zu der Zeit wirklich eine Ladung empfangen, sondern dieser bloss sehr nahe sind.

1446. Je weiter ein Büschel sich in ein Gas erstreckt, desto weiter wird ohne Zweifel die Ladung oder Entladung vorwärts geführt; dies mag nach den Gasen verschieden sein,

und doch die zum ersten Moment der Entladung erforderliche Intensität nicht in demselben, sondern in einem andern Verhältniss variiren. So haben meine Versuche gezeigt, dass Stickgas weit feinere und grössere Büschel giebt als Salzsäuregas (1458. 1462), während die zum Beginn der Entladung erforderliche Intensität bei dem letzteren Gase weit höher als bei dem ersten ist (1395). Hier zeigen sich also wieder, wie bei vielen anderen Qualitäten, specifische Unterschiede bei den verschiedenen gasigen Di-elektricis, zum Beweise der speciellen Relation dieser zu dem Act und den Phänomenen der Vertheilung.

1447. Um diese Betrachtungen über den Charakter und die Beschaffenheit des Büschels zu vollenden, muss ich sagen, dass er ein Funke gegen Luft ist, eine Ausbreitung elektrischer Kraft auf Materie, nicht durch Leitung, sondern durch Zerreissungsentladung, ein verdünnter Funke, welcher, indem er zu sehr schlecht leitender Materie übergeht, häufig nur einen kleinen Antheil der in dem Leiter angehäuften Kraft entladet; denn da die geladene Luft auf den Leiter reagirt, während der Leiter, durch Verlust an Elektricität, in seiner Kraft abnimmt, so hört die Entladung rasch auf, bis, durch die Zersteuung der geladenen Luft und die Erneuung der Erregungszustände auf dem Leiter, die Umstände wieder auf ihren ersten wirksamen Zustand gestiegen sind, um wieder eine Entladung zu veranlassen, und wieder zu fallen und zu steigen.

1448. Büschel und Funke gehen allmählich in einander über. Macht man durch eine gute Elektrisirmaschine mit grossem ersten Conductor eine kleine Kugel positiv und nähert ihr eine grosse unisolirte Entladungskugel, so kann man sehr schöne Uebergänge vom Funken zum Lichtbüschel erhalten. Die von *Van Marum**), *Harris***) und Anderen gelieferten Abbildungen langer und kräftiger Funken zeigen auch dieselben Erscheinungen an. Nach meinen Beobachtungen ist die Elektricität, wenn der Funke in Luft unter gewöhnlichem Druck büschelförmig geworden, nicht vollständig entladen, sondern nur theilweise, mehr oder weniger, je nach den Umständen;

---

*) Beschreibung der *Teyler*'schen Maschine, Vol. I, p. 28, 32. Vol. II, p. 226.

**) Philos. Transact. 1834, p. 243.

wogegen die Entladung vollkommen ist, sobald die Lichterscheinung auf ihrem ganzen Wege ein deutlicher Funke ist[21]).

1449. Wenn ein elektrischer Büschel, von einem bis sechs Zoll Länge oder mehr, in freie Luft ausstrahlt, so hat er die Gestalt der Fig. 4. Nähert man ihm aber eine Hand, eine Kugel oder irgend einen geknopften Leiter, so biegen sich die Enden der Ausstrahlung gegen diesen Körper und gegen einander, so dass das Ganze, nach Umständen, Gestalten, wie Fig. 7, 8, 9 annimmt. Der Einfluss der Umstände ist hier in jedem einzelnen Fall leicht nachzuweisen, und ich würde sie hier beschreiben, schämte ich mich nicht, die Zeit der K. Gesellschaft mit so einleuchtenden Dingen in Anspruch zu nehmen. Wie schön erläutert indess nicht die Krümmung der Verzweigungen die gekrümmte Form der Linien der vor der Entladung vorhandenen Vertheilungskraft! Denn die ersteren sind Folgen der letzteren, und nehmen ihren Weg bei jeder Entladung, wo die vorausgegangene inductive Spannung bis zu dem geeigneten Grad gestiegen ist. Sie repräsentiren diese Curven gerade wie

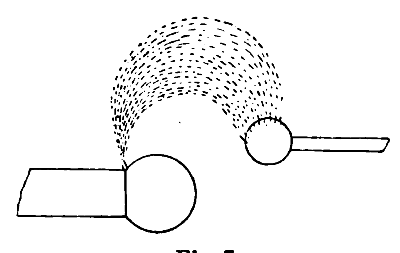


Fig. 7.

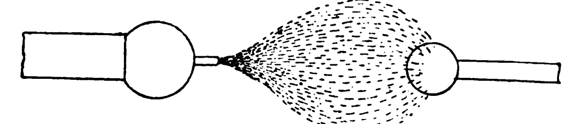


Fig. 8.

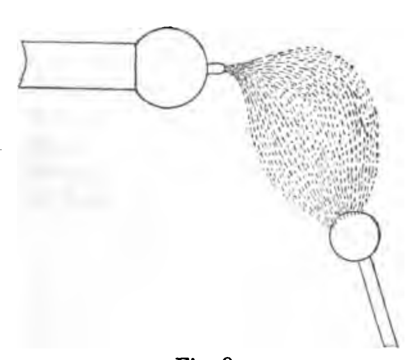


Fig. 9.

Eisenfeile die magnetischen Curven, und die sichtbaren Effecte sind bei beiden die Folgen der Wirkung der Kräfte an den Orten, wo die Effecte erscheinen. Diese Erscheinungen sind also abermalige und kräftige Zeugnisse (1216. 1230) zu Gunsten der aufgestellten Ansicht sowohl von der Vertheilung durch Dielektrica hin in krummen Linien (1231) als auch von der Seitenwirkung dieser Linien, welche durch eine Art von Repulsion die Divergenz oder, wie in den abgebildeten Gestalten, die Bauchung erzeugen.

1450. In Bezug auf die Theorie der Molecular-Vertheilungswirkung muss ich hier noch anführen, dass der lange büschelförmig verzweigte Funke, welcher zwischen einer kleinen Kugel auf dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine und einer grösseren, etwas entfernten Kugel erhalten werden kann (1448), einen abermaligen Beleg für sie liefert. Wie schön erläutert dieser Funke den vorausgehenden Zustand aller Theilchen des Di-elektricums zwischen den Entladungsflächen, und wie verschieden sind die Erscheinungen von jeglichen, die aus der Theorie, welche die Vertheilung als eine Wirkung in die Ferne und nur in geraden Linien, so wie die Ladung als eine auf der Oberfläche der Leiter durch den blossen Druck der Atmosphäre zurückgehaltene Elektricität annimmt, hergeleitet werden könnten!

1451. In verdünnter Luft sind die Erscheinungen beim Lichtbüschel nach den Umständen sehr mannigfaltig und ungemein schön. Zuweilen erhält man einen Büschel von nur sechs bis sieben Zweigen, die breit und sehr leuchtend sind, eine Purpurfarbe haben und an einigen Stellen um einen Zoll und mehr auseinander stehen. Durch eine Funkenentladung am ersten Conductor (1455) lassen sich einzelne Büschel nach Belieben erhalten. Die Entladung unter der Form eines Büschels wird durch Verdünnung der Luft auf dieselbe Weise und aus demselben Grunde begünstigt, wie die Entladung unter der Funkenform (1375); allein in jedem Fall geht eine Vertheilung und Ladung durch das Dielektricum hin, so wie eine Polarität der Theilchen voraus (1437), und die Vertheilung wird, wie in jedem anderen Falle, abwechselnd durch die Maschine gehoben und durch die Entladung geschwächt. Bei gewissen Versuchen wurde die Luftverdünnung bis zum äussersten Grad getrieben, und die einander gegenüber gestellten

leitenden Flächen möglichst nahe zusammengebracht, ohne dass indess ein Glimmen entstand. Die Büschel zogen sich dann in ihren Seitendimensionen zusammen, und folgten so rasch auf einander, dass anscheinend ein continuirlicher Lichtbogen von Metall zu Metall gebildet ward. Indess liess sich doch die Entladung als intermittirend erkennen (1427), so dass selbst unter diesen Umständen einem jeden Büschel eine Vertheilung vorausging, und der gespannte Polarisationszustand der an einander grenzenden Theilchen war eine nothwendige Vorbereitung für die Entladung.

1452. Die Büschelform der Zerreissungsentladung lässt sich nicht bloss in Luft und Gasen, sondern auch in einem weit dichteren Medium erhalten. Ich erzeugte sie in Terpentinöl an dem Ende eines Drahtes, welches durch eine Glasröhre in das in einem Metallgefäss enthaltene Oel ging. Der Büschel war indess klein und sehr schwierig zu erhalten; die Verzweigungen waren einfach und ausgestreckt, sehr stark von einander divergirend. Das Licht war ausserordentlich schwach, seine Wahrnehmung erforderte ein völlig dunkles Zimmer. Wenn sich in der Flüssigkeit einige feste Theilchen, wie Staub oder Seide, befanden, wurden die Büschel mit weit grösserer Leichtigkeit erzeugt.

1453. Das Zusammenlaufen oder Verschwimmen verschiedener Entladungslinien (1412) ist sehr schön an dem Büschel in Luft zu sehen. Diese Erscheinung mag einige Schwierigkeit darbieten für Diejenigen, welche nicht gewohnt sind, in jeder Entladung eine gleiche Kraftäusserung in entgegengesetzten Richtungen zu erblicken, sondern einen positiven Büschel (vielleicht wegen des gewöhnlichen Ausdrucks: Richtung eines Stroms) eher als Anzeige des Ausbruches der ursprünglichen Kraft in verschiedenen Richtungen betrachten, denn als eine Tendenz zur Convergenz und Einigung in Eine Linie des Durchganges. Allein der gewöhnliche Fall des Büschels kann, zu seiner Erläuterung, verglichen werden mit dem, wo man den Knöchel dem höchst erregten Glase gegenüber hält und eine Entladung eintritt; es gehen dann die Zweige eines Büschels von dem Glase aus und convergiren an dem Knöchel zu einem Funken. Obwohl etwas schwierig, ist es doch möglich eine Entladung zu bekommen zwischen höchst erregtem Schellack und dem erregten Glase einer Maschine; wenn die Entladung geschieht, so ist sie, vermöge der Natur der geladenen Körper, ein Büschel an jedem Ende und ein

Funke in der Mitte, ein schönes Beispiel liefernd von der früher (1418) beschriebenen Tendenz der Entladung, gleiche Wirkung zu erleichtern.

1454. Der Büschel hat in verschiedenen Gasen specifische Charaktere, welches eine Relation zu den Theilchen dieser Körper anzeigt, selbst in stärkerem Grade als der Funke (1422. 1423). Diese Erscheinung steht im strengen Contrast mit der Einflusslosigkeit des Gebrauches verschiedener Substanzen als Conductoren, um an ihnen den Büschel hervorzubringen. Gebraucht man z. B. Holz, Karte, Holzkohle, Salpeter, Citronsäure, Kleesäure, Bleioxyd, Chlorblei, kohlensaures Kali, Aetzkali, starke Kalilösung, Vitriolöl, Schwefel, Schwefelantimon oder Hämatit, so zeigt sich in dem Charakter der erhaltenen Büschel keine Verschiedenheit, ausgenommen, dass sie (was von dem Grade ihrer Leitungsfähigkeit abhängt) die Entladung aus der Maschine mit grösserer oder geringerer Leichtigkeit und Schnelligkeit bewirken*).

1455. Folgendes sind einige der Erscheinungen, die ich an positiv geladenen Flächen in verschiedenen Gasen unter verschiedenem Druck beobachtet habe. Die Verdünnung hatte im Allgemeinen in allen Gasen dieselbe Wirkung. Zuerst gingen Funken über, allmählich verwandelten diese sich in Büschel, welche breiter und deutlicher in ihren Verzweigungen wurden, bis endlich die letzteren, bei fernerer Verdünnung, anfingen zusammenzusinken und einander anzuziehen, einen Streifen (*stream*) bildend von einem Leiter zum andern; dann schossen einige Seitenstreifen von den Leitern zu den Glaswänden des Gefässes aus, welche dick (*thick*, *flossy*) und weich im Ansehen waren, und ihnen folgte ein volles constantes Glimmen, welches den Entladungsdraht bedeckte. Die Erscheinungen veränderten sich mit der Grösse des Gefässes (1477), dem Grade der Verdünnung, und der Elektricitätsentladung aus der Maschine. Wenn letztere in successiven Funken begriffen war, zeigten sie sich am schönsten. Die Wirkung eines Funkens aus einer kleinen Maschine war gleich und oft besser als die, welche die constante Entladung einer weit kräftigeren liefert.

---

*) Ausnahme muss natürlich von den Fällen gemacht werden, wo die Wurzel des Büschels ein Funke geworden ist, und daselbst eine kleine Fortschleuderung (*diffusion*) und selbst Zersetzung bewirkt, dadurch denn an dieser Stelle mehr oder weniger von einer besondern Farbe erlangend.

1456. Luft. — Unter gewöhnlichem Druck sind in der Luft schöne positive Büschel von dem wohl bekannten Purpurlicht leicht zu erhalten. In verdünnter Luft sind die Verzweigungen sehr lang und die Kugel ausfüllend (1477), das Licht ist sehr stark und von schöner Purpurfarbe, zuweilen mit einem Stich ins Rosenrothe.

1457. Sauerstoff. — Unter gewöhnlichem Druck ist der Büschel sehr dicht und zusammengedrückt, von matt weisslicher Farbe. In verdünntem Sauerstoff sind Gestalt und Ansehen besser, die Farbe etwas purpurn, doch alle Eigenschaften sehr ärmlich im Vergleich zu denen in der Luft.

1458. Stickstoff giebt an der positiven Fläche die Büschel weit leichter als irgend ein anderes von mir untersuchtes Gas; sie sind in Gestalt, Licht und Farbe fast immer schön, im verdünnten Stickgas sogar herrlich. Sie übertreffen, was entwickelte Lichtmenge betrifft, die Entladungen in jedem anderen Gase.

1459. Wasserstoff, unter gewöhnlichem Druck, giebt einen besseren Büschel als Sauerstoff, doch keinen solchen wie Stickstoff; die Farbe ist grünlich. In verdünntem Wasserstoff sind die Verzweigungen, was Gestalt und Deutlichkeit betrifft, sehr schön, aber blass von Farbe; mit einem weichen, sammtartigen Ansehen, und gar nicht gleich denen in Stickstoff. Bei höchst verdünntem Zustand des Gases ist die Farbe des Lichts ein blasses Graugrün.

1460. Steinkohlengas. — Die Büschel sind etwas schwierig zu erzeugen, darin einen grossen Contrast mit denen im Stickstoff darstellend. Sie sind kurz und stark, gewöhnlich von grüner Farbe. Sie besitzen viel vom Charakter des Funkens; denn sie kommen an der positiven und negativen Fläche vor, und oft ist zwischen den beiden Büscheln ein dunkler Raum von einiger Länge, bis das kurze scharfe Geräusch eines Funkens sich hörbar macht, wie wenn die Entladung durch dies Gas plötzlich geschähe. Im verdünnten Steinkohlengase sind die Formen besser, aber das Licht ist sehr schwach und die Farbe grau.

1461. Kohlensäuregas liefert unter gewöhnlichem Druck einen in Bezug auf Grösse, Licht und Farbe sehr ärmlichen Büschel, was wahrscheinlich zusammenhängt mit der Neigung dieses Gases, die Elektricität in Funkenform zu entladen (1422). In verdünntem Kohlensäuregase ist der Büschel besser von Gestalt, doch schwächer an Licht, und von matt grünlicher

oder purpurrother Farbe, verschieden nach Druck und anderen Umständen.

1462. Salzsäuregas. — Unter gewöhnlichem Druck hält es sehr schwer einen Büschel in diesem Gase zu bekommen. Bei allmählicher Vergrösserung des Abstandes zwischen den zugerundeten Enden verschwinden die Funken plötzlich, wenn der Abstand ungefähr einen Zoll beträgt, und die dann noch durch das Gas in der Kugel stattfindende Entladung ist eine ruhige und dunkle. Hin und wieder ist zwar auf wenige Augenblicke ein kurzer Büschel zu erhalten; allein er verschwindet wiederum schnell. Selbst bei Anwendung eines intermittirenden Funkenstroms aus der Maschine (1455) konnte ich nur schwierig einen Büschel erhalten, und zwar einen sehr kurzen, obwohl ich Stäbe mit zugerundeten Enden (von etwa 0,25 Zoll Durchmesser) anwendete, die in Luft und Stickgas mit grösster Leichtigkeit einen gegeben hatten. Während der Zeit dieser Schwierigkeit mit dem Salzsäuregas gingen prachtvolle Büschel von verschiedenen Stellen der Maschine in die umgebende Luft über. Beim Verdünnen des Gases ward die Bildung des Büschels erleichtert; allein gewöhnlich war er doch von kleiner untersetzter Gestalt, sehr arm an Licht und sehr ähnlich an beiden Flächen, der positiven und negativen. Bei noch grösserer Verdünnung des Gases wurden einige wenige grosse Verzweigungen von blassbläulicher Farbe erhalten, die denen im Stickgas äusserst ungleich waren.

1463. In allen Gasen können die verschiedenen Formen der Zerreissungsentladung mit einander verknüpft und allmählich von einem Extrem bis zum andern, d. h. vom Funken bis zum Glimmen (1405) oder vielleicht bis zu einem anderweitigen Zustand der dunkeln Entladung, in einander verfolgt werden; allein dessen ungeachtet ist es sehr überraschend zu sehen, was für einen specifischen Charakter eine jede, unter der Herrschaft eines allgemeinen Gesetzes, annimmt. So ist in Salzsäuregas der Funke sehr schwer zu erhalten, und an seine Stelle tritt fast eine dunkle Entladung, theilnehmend an der Leichtigkeit der Funkenwirkung. Ueberdies habe ich in Salzsäure niemals den Funken mit einem dunkeln Zwischenraum darin beobachtet. In Stickgas ändert der Funke leicht seinen Charakter in den des Büschels um. Das Kohlensäuregas gewährt eine Funkenentladung mit Leichtigkeit, während es durch Schwierigkeit der Büschelbildung vom Stickgas, und durch Leichtigkeit, den Funken zu unterhalten, vom Salzsäuregas

verschieden ist. Diese Verschiedenheit bekräftigt erstens die über den Funken in verschiedenen Gasen (1422. 1423) schon gemachten Beobachtungen, und dann die daraus herleitbaren Beweise über die Relation der elektrischen Kräfte zu den Körpertheilchen.

1464. Die Eigenthümlichkeiten des Stickgases in Bezug auf elektrische Entladungen (1422. 1458) äussern offenbar einen wichtigen Einfluss auf die Gestalt und selbst auf das Erscheinen der Blitze. Denn dieses Gas, welches am leichtesten Verästelungen (*Coruscations*) erzeugt, und dadurch die Entladung in weit grössere Ferne verpflanzt als irgend ein anderes untersuchtes Gas, macht auch bekanntlich vier Fünftel unserer Atmosphäre aus. Und da bei den atmosphärisch-elektrischen Erscheinungen die eine und zuweilen beide Vertheilungskräfte sich in den Lufttheilchen aufhalten, welche, obwohl in ihrer Leitungsfähigkeit wahrscheinlich durch die Wassertheilchen abgeändert, doch nicht als gute Leiter betrachtet werden können, so hat die Eigenthümlichkeit des Stickstoffes, Entladungen unter der Gestalt von Büscheln und Verästelungen zu veranlassen und zu bewirken, vermuthlich eine wichtige Beziehung zu seinem elektrischen Dienst in der Natur, indem es die Beschaffenheit einer eintretenden Entladung am bedeutendsten abändert. Die Entladung aus und durch Gase bildet einen der wichtigsten Gegenstände der Elektricitätslehre, der schon allein in Bezug auf atmosphärische Elektricität die ausgedehnteste und wichtigste Untersuchung verlangt.

Verschiedenheit der Entladung an der positiven und negativen leitenden Fläche.

1465. Ich vermied, mehr als es nöthig war, von dieser wohlbekannten Erscheinung zu sprechen, um Alles, was ich über dieselbe zu sagen habe, hier zusammenzufassen. Bei der Büschelentladung in Luft an der positiven und negativen Fläche zeigt sich ein sehr auffallender Unterschied, dessen volles Verständniss unzweifelhaft von grösster Wichtigkeit für die Elektricitätslehre sein würde.

1466. Diesen Unterschied bezeichnete man früher so, dass man sagte, eine positiv geladene Spitze gäbe Büschel in der Luft, eine negativ geladene einen Stern. Dies ist jedoch nur wahr für schlechte Leiter oder für metallische Leiter, die

intermittirend geladen oder sonst durch Seitenvertheilung afficirt werden. Wenn Metallspitzen frei in die Luft hineinragen, ist das positive und negative Licht auf ihnen sehr wenig im Ansehen verschieden, und der Unterschied lässt sich nur bei genauer Untersuchung wahrnehmen.

1467. Die Erscheinungen sind nach den Umständen sehr verschieden, lassen sich indess wohl so angeben: Wenn ein Metalldraht mit rundem Ende in freier Luft zur Bildung der Büschelentladung gebraucht wird, so sind die Büschel, bei negativer Ladung des Drahts, sehr ärmlich und klein in Vergleich zu denen bei positiver Ladung; oder wenn eine grosse, mit der Elektrisirmaschine verbundene Metallkugel positiv geladen und ihr eine feine unisolirte Spitze allmählich genähert wird, so erscheint an dieser, so lange sie in beträchtlichem Abstande ist, ein Stern, der, obwohl heller werdend, seine Gestalt nicht ändert, bis er dicht an die Kugel gekommen; ist dagegen die Kugel negativ geladen, so erscheint, bei bedeutendem Abstand der Spitze, an dieser ebenfalls ein Stern, wie zuvor; allein bei grösserer Annäherung (bei mir bis zum Abstande von 1,5 Zoll) bildet sich an der Spitze ein Büschel, der sich bis zur negativen Kugel ausdehnt, und noch näher (bei 0",125 Abstand) hört der Büschel auf, und es schlagen Funken über. Dies möchte die ganze Reihe von Verschiedenheiten einschliessen und zugleich zeigen, dass die negative Fläche ihren Entladungscharakter unverändert behält, während die positive Fläche unter ähnlichen Umständen eine grosse Mannigfaltigkeit darbietet.

1468. Bei dem Charakter der negativen Entladung in die Luft giebt es mehr beachtenswerthe Punkte. Ein Metallstab von 0,3 Zoll Durchmesser und zugerundetem, in die Luft hineinragendem Ende gab bei negativer Ladung einen kurzen lauten Büschel (Fig. 10). Sowohl durch das Auge (1427. 1428), als durch das Ohr (1431) wurde ermittelt, dass die successiven Entladungen sehr rasch auf einander folgten, indem in gleicher Zeit sieben bis acht Mal mehr eintraten als bei positiver Ladung des Stabes zu gleichem Grade. Bei positiver Ladung des Stabes war es leicht durch etwas schnelleres Drehen der Maschine den Büschel in ein Glimmen (1405. 1463) zu verwandeln; allein bei negativer Ladung liess sich die Umwandlung durchaus nicht bewirken. Selbst wenn man die

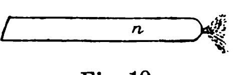


Fig. 10.

Hand gegen den Draht hielt, war der Erfolg nur der, dass die Anzahl der Büschelentladungen in gegebener Zeit vergrössert und zugleich der Ton erhöht wurde.

1469. Eine Spitze gegenüber dem negativen Büschel zeigte einen Stern, und bei grösserer Annäherung bewirkte sie erstlich eine Abnahme des negativen Büschels in Gestalt und Geräusch, und zuletzt ein gänzliches Aufhören desselben, so dass das negative Ende ruhig und finster ward, doch noch zu entladen fortfuhr.

1470. Wurde das zugerundete Ende eines dünneren Drahts (Fig. 11) dem negativen Büschel genähert, so zeigte es (durch

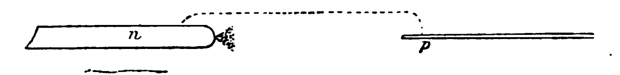
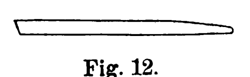


Fig. 11.

Vertheilung positiv geworden) bei 8 Zoll Abstand ein ruhiges Glimmen, während der negative Büschel fortbestand. Mehr genähert, erhöhte sich das Geräusch des negativen Büschels, eine schnellere Intermittenz anzeigend (1431); noch näher, sandte das positive Ende Verästelungen und deutliche Büschel aus, und zugleich zog sich der negative Büschel in seinen Seitenrichtungen zusammen, eine eigenthümliche schmale, längliche Gestalt, wie ein Haarpinsel, annehmend; die beiden Büschel waren gleichzeitig vorhanden, doch sehr verschieden in ihrer Gestalt und ihrem Ansehen, besonders darin, dass die negativen Entladungen weit rascher erfolgten als die positiven. Als zu demselben Versuch ein kleinerer positiver Draht gebraucht ward, erschien auf ihm zuerst ein Glimmen und dann ein Büschel, während zugleich der negative Büschel afficirt wurde. Bei Einem Abstande wurden beide ausserordentlich gleich im Ansehen, und die Töne kamen, glaube ich, in Einklang; jedenfalls waren sie in Harmonie, so dass die Intermittenzen entweder isochron waren oder in einem einfachen Verhältniss zu einander standen. Bei stärkerer Wirkung der Maschine, sonst aber ungeänderten Drähten, ward die negative Fläche dunkel und ruhig, und an der positiven erschien ein Glimmen. Eine noch stärkere Wirkung verwandelte das letztere in einen Funken. Noch dünnere positive Drähte gaben andere Veränderungen dieser Erscheinung.

1471. Nun wurde ein dünnerer Stab mit dem negativen Conductor anstatt des dickeren (1468) verbunden, und dessen Ende wurde nach und nach in eine stumpfe Spitze, wie in Fig. 12, verwandelt; es war niedlich dabei zu beobachten, dass, ungeachtet der Veränderung des Büschels, im Allgemeinen dieselbe Ordnung von Erscheinungen erzeugt ward. Das Ende gab einen kleinen knisternden (*sonorous*) negativen Büschel, welcher bei Annäherung der Hand oder einer grossen leitenden Fläche sich nicht änderte, so lange diese nicht so nahe war, dass ein Funke entstand. Eine feine Spitze ihm gegenübergestellt, ward in einigem Abstand leuchtend; näher heran, zerstörte sie nicht das Licht und das Geräusch des negativen Büschels, sondern es suchte sich nur auf ihr selbst ein Büschel zu erzeugen, welcher, bei noch grösserer Nähe, in einen die beiden Flächen vereinigenden Funken überging.


Fig. 12.

1472. Wenn negative und positive Büschel gleichzeitig und in Bezug auf einander in Luft gebildet werden, hat der erstere immer eine zusammengezogene Gestalt, wie in Fig. 13,

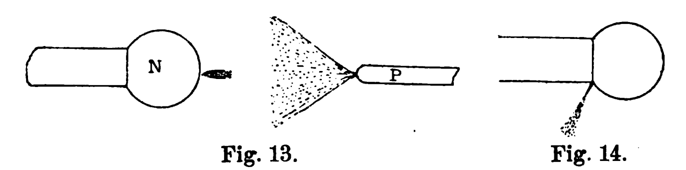


Fig. 13. Fig. 14.

sehr ähnlich der, welche der positive Büschel besitzt, wenn von seitwärts her positive Theile durch Vertheilung auf ihn wirken. So hat ein Büschel, der von der Spitze eines einspringenden Winkels am positiven Conductor erscheint, dieselbe gedrungene Form (Fig. 14).

1473. Der Charakter des negativen Büschels wird nicht durch die chemische Natur der Leiter abgeändert, sondern nur durch deren Grad von Leitungsfähigkeit.

1474. Verdünnung der gemeinen Luft um eine negative Kugel oder stumpfe Spitze erleichtert die Entwicklung des negativen Büschels mehr, glaube ich, als die des positiven, obwohl die von beiden bedeutend. Ausgedehnte Verästelungen lassen sich erhalten aus einem negativ elektrisirten Knopf oder Ende gegen die Platte der Luftpumpe, auf welcher die, den Knopf oder das Ende enthaltende Flasche steht.

1475. Eine sehr wichtige Veränderung in den relativen Gestalten und Beschaffenheiten des positiven und negativen Büschels erfolgt, wenn man mit dem Dielektricum, in welchem sie gebildet werden, wechselt. Die Verschiedenheit ist so gross, dass sie auf eine specifische Relation dieser Entladungsform zu dem besonderen Gase, worin sie stattfindet, hindeutet, und der Ansicht widerspricht, als seien die Gase bloss Hindernisse für die Entladung, die einander gleich und bloss im Verhältnisse zu deren Druck wirkten (1377).

1476. In Luft ist bekanntlich der positive Büschel der überwiegende (1467. 1472). In Stickgas ist er eben so gross und selbst grösser als in Luft (1458). In Wasserstoff verliert der positive Büschel etwas von seiner Ueberlegenheit, indem er nicht so gut als in Stickgas und Luft ist, während der negative Büschel nicht beeinträchtigt erscheint (1459). In Sauerstoff ist der positive Büschel gedrungen und ärmlich (1457), während der negative nicht verschlechtert scheint; beide sind so gleich, dass das Auge sie häufig nicht von einander unterscheiden kann, und diese Gleichheit bleibt bei allmählicher Verdünnung der Luft. Im Steinkohlengas sind die Büschel im Vergleich zum Stickgas (1460) schwierig hervorzubringen, und der positive ist nicht viel ausgezeichneter als der negative, weder bei gewöhnlichem noch bei niedrigem Druck. In Kohlensäuregas findet diese Annäherung im Charakter ebenfalls statt. In Salzsäuregas ist der positive Büschel sehr wenig besser als der negative, und beide sind, im Vergleich mit der Leichtigkeit in Stickstoff und Luft, schwierig zu erzeugen (1462).

1477. Diese Versuche wurden mit Messingstäben von etwa einem Viertelzoll Dicke und zugerundeten Enden angestellt, und die Enden standen in einer, das zu untersuchende Gas enthaltenden Glaskugel von 7 Zoll Durchmesser einander gegenüber. Der mit der Elektrisirmaschine verbundene Stab wurde, mittelst dieser, bald positiv, bald negativ elektrisirt.

1478. So sehen wir denn, dass, ungeachtet im Allgemeinen die Ueberlegenheit des positiven Büschels über den negativen verschieden ist, diese Verschiedenheit im Stickgas und in der Luft ihr Maximum erreicht, während sie im Kohlensäure-, Salzsäure-, Steinkohlen- und Sauerstoffgas geringer ist, und beim letzteren fast ganz verschwindet. Diese Erscheinungen, wie alle übrigen bisher untersuchten, sprechen also für die Ansicht, welche die Resultate auf eine directe Relation

der elektrischen Kräfte zu den Theilchen des in der Wirkung begriffenen Körpers bezieht (1421. 1423. 1463). Selbst wenn specielle Erscheinungen unter der Operation des allgemeinen Gesetzes entstehen, scheint die angenommene Theorie vollkommen für sie ausreichend.

1479. Ehe ich weiter schreite, die wahrscheinliche Ursache des Unterschiedes der positiven und negativen Büschelentladung zu ermitteln, wünsche ich die Resultate einiger, schon vorbereiteter Versuche kennen zu lernen, und da, glaube ich, diese Reihe von Untersuchungen bereits lang genug ist, so werde ich sie hier beschliessen, hoffend, in einigen Wochen meine Forschung erneuen und mein Pfand (1306) vollständig einlösen zu können.

---

zwischen den Kugeln nach Belieben verändert werden konnte. Die grosse Kugel *A*, von 2 Zoll Durchmesser, war verbunden mit einem isolirten messingenen Conductor, welcher von einer Cylindermaschine aus geradezu positiv oder negativ gemacht werden konnte. Die kleine Kugel *B*, 0,25 Zoll im Durchmesser, war verbunden mit einem Ableiter (*discharging train*. 292) und vollkommen unisolirt. Die die Kugeln tragenden Messingstäbe waren 0,2 Zoll dick.

1486. Wenn die grosse Kugel die positive und vertheilende (1483) war, so erscheinen negative Funken bis der Zwischenraum 0,49 Zoll betrug, von diesem bis 0″,51 erschienen Büschel und Funken gemischt, und von 0,52 und darüber hinaus negative Büschel allein. War die grosse Kugel die negative und vertheilende, dann erschienen bis zum Abstand von 1,15 Zoll positive Funken allein, von da bis 1″,55 Funken und Büschel, und um positive Büschel allein zu haben, war ein Zwischenraum von wenigstens 1,65 Zoll erforderlich.

1487. Nun wurden die Kugeln *A* und *B* gegen einander vertauscht. Als jetzt die kleine Kugel *B* positiv und vertheilend gemacht wurde, erschienen positive Funken allein bis 0″,67 Abstand, Funken und Büschel von 0,68 bis 0,72, und positive Büschel allein bis 0,74 und darüber. Als die kleine Kugel *B* negativ und vertheilend war, erschienen negative Funken allein bis 0,40, Funken und Büschel bis 0″,42, und negative laute Büschel von 0,44 an und darüber hinaus.

1488. Wir sehen hier also eine grosse Verschiedenheit, je nachdem die Kugeln vertheilend oder vertheilt gemacht sind. Die kleine Kugel, positiv und vertheilt gemacht, giebt Funken von nahe doppelt so grosser Länge, als wenn sie positiv und vertheilend ist, und ein ähnlicher, obgleich unter jenen Umständen nicht so grosser Unterschied zeigt sich, wenn sie negativ gemacht worden ist.

1489. Ein anderes Resultat ist, dass die kleine Kugel, wenn sie positiv ist, weit längere Funken giebt, als wenn sie negativ ist, und dass sie in diesem Zustande leichter einen Büschel giebt, als wenn sie positiv ist, in Bezug auf den Effect der Vergrösserung des Abstandes.

1490. War der Zwischenraum unter 0,4 Zoll, so dass die kleine Kugel Funken geben musste, positive oder negative, so konnte ich keinen constanten Unterschied bemerken, weder in deren leichtem Erscheinen noch in der Anzahl, die in einer

gegebenen Zeit überschlug. Hatte der Zwischenraum indess eine solche Grösse, dass die kleine Kugel, wenn sie negativ war, einen Büschel gab, dann waren die Entladungen aus ihr, als einzelne negative Büschel, weit zahlreicher als bei entsprechenden Entladungen aus ihr im positiven Zustande, diese positiven Entladungen mochten in Funken oder Büscheln geschehen.

1491. Es ist demnach klar, dass, wenn eine Kugel Elektricität in Form von Büscheln entladet, diese Büschel weit zahlreicher sind, und ein jeder weit weniger elektrische Kraft enthält oder fortführt, wenn die so entladene Elektricität negativ ist, als wenn sie positiv ist.

1492. Bei allen solchen Versuchen, wie die beschriebenen, wird der Punkt des Uebergangs vom Funken zum Büschel sehr beherrscht durch die Wirksamkeit der Elektrisirmaschine und die Grösse des mit der entladenden Kugel verbundenen Conductors. Ist die Maschine in grosser Thätigkeit und der Conductor gross, so dass für jede Entladung rasch viel Kraft angehäuft wird, dann ist der Abstand, bei dem die Funken in Büschel übergehen, grösser; allein die Erscheinung ist im Allgemeinen dieselbe.

1493. Obwohl diese Resultate sehr auffallende und besondere Relationen der elektrischen Kraft (oder Kräfte) andeuten, so zeigen sie doch nicht, welche relativen Grade von Ladungen die kleine Kugel zum Eintreten der Entladung erfordert, d. h. sie sagen nicht, ob diese unmittelbar vor der Entladung einen höheren Zustand verlangt, wenn sie negativ oder positiv ist. Um diesen wichtigen Punkt zu erläutern, richtete ich zwei Entladungsstellen vor, wie in Fig. 16.

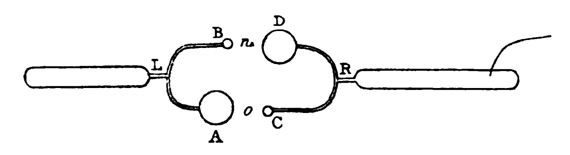


Fig. 16.

A, *D*, *B*, *C* sind Messingkugeln, die beiden ersten von zwei, die beiden andern von 0,25 Zoll Durchmesser; sie werden von den Gabeln *L* und *R* getragen, die von 0,2 Zoll dickem Messingdraht sind. Der Raum zwischen der grossen und kleinen

Kugel an derselben Gabel beträgt 5 Zoll, damit die Entladungsstellen n und o hinreichend aus ihrem gegenseitigen Einfluss entfernt sind. Die Gabel L war verbunden mit einem cylindrischen Conductor, welcher durch eine Elektrisirmaschine nach Belieben positiv oder negativ gemacht werden konnte; und die Gabel R war ebenfalls befestigt an einem anderen Conductor, der aber durch Verknüpfung mit einem Ableiter (294) vollkommen im unisolirten Zustand gehalten ward. Die beiden Entladungsräume n und o konnten nach Belieben vergrössert oder verkleinert, und durch bisweiliges Einschieben einer Diagonalscale gemessen werden. Da die an demselben Conductor sitzenden Kugeln A und B immer auf einmal geladen wurden, und die Entladung gegen eine der mit dem Ableiter verbundenen Kugeln stattfinden konnte, so ist klar, dass die Entladungsräume n und o sich mit einander vergleichen liessen in Bezug auf den Einfluss grosser und kleiner Kugeln bei positiver und negativer Ladung in der Luft.

1494. Wenn die Räume n und o beide $= 0{,}9$ Zoll und die vertheilenden Kugeln A und B positiv waren, so geschah die Entladung allein bei n von der kleinen Kugel des Conductors zur grossen des Ableiters, und meistens durch positive Büschel, obwohl einmal auch durch einen Funken. Auch wenn die vertheilenden Kugeln A und B negativ waren, geschah die Entladung von derselben kleinen Kugel bei n durch einen constanten negativen Büschel.

1495. Ich verringerte die Zwischenräume n und o auf 0,6 Zoll. Waren A und B vertheilend positiv, geschah alle Entladung bei n als positiver Büschel; waren A und B vertheilend negativ, geschah sie auch noch ganz bei n in einem negativen Büschel.

1496. Die Leichtigkeit der Entladung schien demnach an der positiven und negativen kleinen Kugel nicht sehr verschieden zu sein. Hätte ein Unterschied existirt, so würde er sich gezeigt haben müssen, da immer zwei kleine Kugeln da waren, eine in jedem Zustand, damit die Entladung an der für sie günstigsten eintreten möchte. Der einzige Unterschied bestand darin, dass die eine im vertheilenden, die andere im vertheilten Zustand war; allein was für eine zur Zeit in jenem Zustande sein mochte, die positive oder negative, so hatte sie doch den Vorzug.

1497. Um diesem störenden Einfluss entgegen zu wirken, machte ich den Zwischenraum $n = 0'',79$ und den $o = 0'',58$.

Wenn dann die Kugeln A und B vertheilend positiv waren, ergab sich die Entladung an den beiden Zwischenräumen fast als gleich. Waren dagegen die Kugeln A und B vertheilend negativ, so geschahen die Entladungen zwar noch an beiden Zwischenräumen, doch bei n am meisten, wie wenn die kleine Kugel im negativen Zustand etwas leichter entladen könnte als im positiven.

1498. Die bei diesen und ähnlichen Versuchen gebrauchten kleinen Kugeln und Enden (*terminations*) können in ihrer Wirkung mit Recht verglichen werden mit denselben Kugeln und Enden, wenn sie in freier Luft elektrisirt werden, in weit grösserem Abstande von Leitern, als in welchen sie in jenen Fällen von einander waren. Zuvörderst wird die Entladung, selbst als Funke, nach meiner Ansicht, bedingt und, so zu sagen, begonnen an einer Stelle auf der Oberfläche der kleinen Kugel (1374), und sie tritt ein, sobald daselbst die Intensität bis zu einem gewissen Grenzwerth gestiegen ist (1370). Diese Bedingung der Entladung zuerst an einem besonderen Ort lässt sich leicht von dem Funken in den Büschel verfolgen, wenn man den Abstand vergrössert, so dass zuletzt selbst die erforderliche Zeit sichtbar wird (1436. 1438). Zweitens könnten die grossen Kugeln, welche ich gebraucht habe, durch grössere in grösseren Abständen ersetzt werden, so dass man allmählich gleichsam zu den Wänden des Zimmers überginge. Diese Wände sind gemeiniglich die vertheilten Körper, während die kleine, positiv oder negativ gemachte, Kugel der vertheilende Körper ist.

1499. Doch, was längst bekannt, die kleine Kugel ist nur ein stumpfes Ende, und, elektrisch genommen, eine Spitze bloss eine kleine Kugel; so dass, wenn eine Spitze oder ein stumpfes Ende Büschel in die Luft sendet, sie wie die kleinen Kugeln in den beschriebenen Versuchen wirken, vermöge derselben Eigenschaften und Relationen.

1500. Mit vollem Recht lässt sich in Bezug auf die Versuche sagen, dass die grosse negative Kugel eben so wesentlich für die Entladung sei als die kleine positive Kugel, und auch, dass die grosse negative Kugel eben so viel Uebergewicht über die grosse positive Kugel (welche aus der ihr gegenüberstehenden kleinen negativen Kugel keinen Funken hervorzulocken vermag), als die kleine positive Kugel über die kleine negative hat. Wenn wir die wahre Ursache dieser Verschiedenheit einsähen, und sie eher auf den Zustand der Theilchen des

Dielektricums als auf die Grössen der leitenden Kugeln bezögen, würden wir wahrscheinlich eine solche Beobachtung sehr wichtig finden. Für jetzt aber, und während wir mit Erforschung dieses Punktes beschäftigt sind, können wir annehmen, was die Thatsache ist, dass die Kräfte an der Oberfläche der kleinen Kugeln intensiver sind als an der der grossen (1372. 1374), dass deshalb die ersteren die Entladung bedingen, indem sie zuvor auf den dazu erforderlichen aufgeregten Zustand steigen, und dass, sie mögen nun in diesen Zustand durch Vertheilung gegen die Wände eines Zimmers oder gegen die von mir gebrauchten grossen Kugeln versetzt worden sein, diese in ihrem Einfluss und ihren Wirkungen füglich mit einander verglichen werden können.

1501. Die Schlüsse, zu welchen ich gelange, sind: erstlich, dass, wenn zwei gleiche, in Luft befindliche, kleine leitende Flächen elektrisirt sind, die eine positiv, die andere negativ, die negative bei einer etwas geringeren Spannung als die positive sich gegen die Luft entladen kann; zweitens, dass, wenn die Entladung stattfindet, in jeder Zeit weit mehr von der positiven Fläche als von der negativen übergeht (1491). Dieser letztere Schluss wird durch die schon beschriebene optische Analyse der positiven und negativen Büschel (1468) zum Ueberfluss bewiesen, da die letztere Reihe von Entladungen sich fünf bis sechs Mal schneller als die erstere erweist*).

1502. Wenn man nun eine kleine Kugel durch eine kräftige Maschine dahin bringt, dass sie Büschel oder büschelförmige Funken giebt, so kann man einigermaassen den Unterschied, den sie im positiven oder negativen Zustand zeigt, verstehen. Bekanntlich giebt sie, wenn positiv, einen weit grösseren, kräftigeren Funken und diesen mit grösserer Leichtigkeit, als wenn sie negativ ist (1482); der Funke, in der That, obgleich er so viel mehr Elektricität auf einmal fortnimmt, beginnt bei einer, wenn überhaupt, doch nur in kleinem Grade höheren Spannung. Andererseits, wenn die Kugel negativ ist, beginnt die Entladung zwar bei einem niederen Grade, allein sie hält eine sehr kurze Zeit an, und nimmt in jedem Zeitpunkt

*) Eine sehr vortreffliche Untersuchungsweise der Relation kleiner positiver und negativer Oberflächen würde der Gebrauch von Tropfen Gummiwasser, Lösungen und anderen Flüssigkeiten abgeben. Siehe weiterhin (1581. 1593).

sehr wenig Elektricität fort. Diese Umstände sind geradezu verknüpft; denn die Ausdehnung, welche der positive Funke erreichen kann, und die Grösse und Ausdehnung des positiven Büschels sind Folgen davon, dass bei Einer Entladung von der positiven Oberfläche viel Elektricität fortgeht (1468. 1501).

1503. Diese Erscheinungen alleinig von der Gestalt und Grösse des Leiters herzuleiten, würde aber, nach meinem Begriff von Vertheilung, eine sehr unvollkommene Betrachtungsweise der ganzen Aufgabe sein (1523). Ich glaube, dass die Erscheinungen gänzlich von der Art abhängen, wie die Theilchen des dazwischen befindlichen Dielektricums sich polarisiren, und ich gab bereits einige experimentelle Anzeigen von den Unterschieden, welche verschiedene Dielektrica in dieser Beziehung darbieten (1475. 1476). Die Polarisationsweisen können, wie ich späterhin zu zeigen Gelegenheit haben werde, sehr verschieden sein in verschiedenen Dielektricis. Was, in gemeiner Luft, eine Folge der Ueberwucht der positiven Kraft an der Oberfläche der kleinen Kugel zu sein scheint, kann herrühren von dem aufgeregteren Zustand der negativen Polarität der Theilchen der Luft oder des Stickstoffs darin (der negative Theil ist vielleicht mehr zusammengedrückt, der positive dagegen mehr ausgedehnt, oder umgekehrt)[23]), denn solch ein Zustand könnte gewisse Effecte an der positiven Kugel hervorrufen, welche an der negativen Kugel nicht in demselben Grade stattfänden, gerade so gut, wie wenn die positive Kugel eine specielle und unabhängige Kraft aus sich selbst besässe.

1504. Dass die Erscheinungen wahrscheinlicher von dem Dielektricum als von der Kugel abhängen, wird durch den Charakter beider Entladungen unterstützt. Wenn eine kleine positive Kugel Büschel mit Verzweigungen von zehn Zoll Länge ausströmt, wie kann da die Kugel auf eine Stelle der Zweige, die fünf Zoll von ihr liegt, einwirken? Und dennoch hat die Portion jenseits jener Stelle denselben Charakter als diesseits, und ohne Zweifel ist ihr dieser Charakter durch dasselbe allgemeine Princip und Gesetz eingepflanzt. Die Wirkung angrenzender Theilchen eines Dielektricums als völlig erwiesen betrachtend, sehe ich in einer solchen Verästelung eine Fortpflanzung der Entladung von Theilchen zu Theilchen, wobei jedes auf das nächste wirkt, wie das vorhergehende auf jenes, und wie das geladene Metall auf das erste, dicht an ihm liegende, wirkte.

1505. Anlangend die allgemeine Beschaffenheit und die Relationen der positiven und negativen Büschel in dichter oder lockerer Luft oder in anderen Gasen und Mitteln, so sind sie natürlich unabhängig von einander, wenn sie zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten erzeugt werden. Wenn sie aber gleichzeitig und in demselben Gefäss voll Gas an gegenüberstehenden Enden oder Kugeln hervorgebracht werden (1470. 1477), so stehen sie häufig in Beziehung; und die Umstände können so eingerichtet werden, dass sie isochron sind, in gleichen Zeiträumen gleich oft eintreten, oder auch in Multiplis, d. h. zwei oder drei negative auf einen positiven kommen; oder abwechselnd oder ganz unregelmässig erfolgen. Alle diese Abänderungen habe ich beobachtet; und wenn man bedenkt, dass die Luft in dem Gefässe und auch das Glas des Gefässes eine momentane Ladung annehmen kann, so ist es leicht ihre allgemeine Natur und Ursache zu begreifen.

1506. Aehnliche Versuche, als die in der Luft (1485. 1493) habe ich in verschiedenen Gasen angestellt, und will jetzt deren Resultate in möglicher Kürze beschreiben. Der Apparat ist in Fig. 17 abgebildet; er besteht aus einer Glasglocke von 11 Zoll Durchmesser in dem weitesten Theil und von 10 Zoll Höhe vom Boden bis zum Halse. Die Kugeln sind wie in Fig. 16 bezeichnet und stehen in derselben Beziehung zu einander wie dort. Allein *A* und *B* sitzen an gesonderten verschiebbaren Drähten, die indess für gewöhnlich oben durch einen Querdraht *W* mit einander und mit dem messingenen Conductor verbunden sind, der seine positive oder negative Ladung von der Maschine empfängt. Die Drähte von *A* und *B* sind an dem durch die Stopfbüchse gehenden Theil graduirt, so dass man durch Anlegung einer Diagonalscale den Abstand dieser Kugeln von den darunter stehenden messen kann. Die Kugeln *C* und *D* sind 3,25 Zoll aus einander und 5 Zoll über der Pumpenplatte; der Abstand zwischen einer jeden und dem Glase der Flasche beträgt wenigstens 1,75 Zoll und gewöhnlich mehr. Die Kugeln *A* und *D* hielten

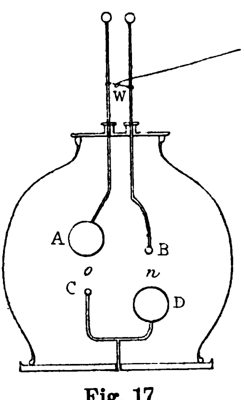


Fig. 17.

2 Zoll im Durchmesser, wie zuvor, die Kugeln *B* und *C* nur 0,15 Zoll.

Zuweilen wurde in Verbindung mit dem eben beschriebenen ein anderer gebraucht, bestehend aus einem offenen Entlader (Fig. 18), durch welchen die Entladung in Luft mit der in Gasen verglichen werden konnte. Die 0,6 Zoll im Durchmesser haltenden Kugeln *E* und *F* waren mit verschiebbaren Stäben und anderen Kugeln verknüpft, auch unisolirt. Wenn sie zum Vergleich gebraucht wurden, war der messingene Conductor zugleich mit den Kugeln *A* und *B* (Fig. 17) und der Kugel *E* (Fig. 18) verbunden, während die Kugeln *C*, *D* und *F* mit dem Ableiter in Gemeinschaft standen.

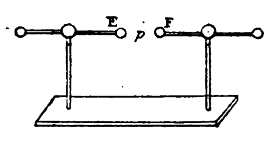


Fig. 18.

1507. Zunächst will ich die Resultate über das Entladunghindernde Vermögen der Gase (*restraining power of the gases over discharge*) mittheilen. Die Kugeln *A* und *C* (Fig. 17) waren durch Abrücken ausser Wirksamkeit gesetzt, und die Erscheinungen an *B* und *D* oder dem Zwischenraum *n* in dem Gase verglichen mit denen am Zwischenraum *p* in Luft zwischen *E* und *F* (Fig. 18). Die Tafel erklärt sich selbst genugsam. Nur muss man wissen, dass die Entladung gänzlich in der Luft geschah, wenn in dieser der Zwischenraum kleiner war als er in der ersten und dritten Spalte angegeben ist, und dass dagegen die Entladung nur in dem Gase stattfand, wenn der Zwischenraum in der Luft grösser war als der in der zweiten und vierten Spalte. Bei Abständen dazwischen geschah diese Entladung bald hier, bald dort, d. h. zuweilen in der Luft, zuweilen in dem Gase.

Abstand zwischen B und D beständig = 1 Zoll	Zwischenraum p in Theilen des Zolles			
	War die kleine Kugel B vertheilend und positiv, geschah die Entladung ganz bei		War die kleine Kugel B vertheilend und negativ, geschah die Entladung ganz bei	
	p in Luft vor	n im Gase nach	p in Luft vor	n im Gase nach
In:	$p =$	$p =$	$p =$	$p =$
Luft	0,40	0,50	0,28	0,33
Stickstoff	0,30	0,65	0,31	0,40
Sauerstoff.	0,33	0,52	0,27	0,30
Wasserstoff. . . .	0,20	0,40	0,22	0,24
Steinkohlengas . .	0,20	0,90	0,20	0,27
Kohlensäuregas. .	0,64	1,30	0,30	0,45

1508. So weit diese Resultate reichen, sind sie im Allgemeinen dieselben wie die ähnlichen in der letzten Reihe (1388), und sie bestätigen den Schluss, dass verschiedene Gase die Entladungen in sehr verschiedenem Grade zurückhalten. Wahrscheinlich sind sie nicht so gut als die früheren; denn da die Glasglocke nicht gefirnisst war, so wirkte sie unregelmässig, nahm als Nichtleiter zuweilen einen gewissen Grad von Ladung an, und wirkte zu anderen Zeiten als Leiter durch Fortführung und Störung dieser Ladung. Eine andere Ursache zur Verschiedenheit in den Verhältnissen liegt ohne Zweifel in den relativen Grössen der Entladekugeln in Luft. Bei den früheren Versuchen waren sie von sehr ungleicher Grösse, hier dagegen von gleicher.

1509. Bei künftigen Versuchen, wenn sie auf Genauigkeit Anspruch machen sollen, hat man den Einfluss dieser Umstände zu ermitteln, und vor allen Dingen, die Gase nicht in Glas-, sondern in Metallgefässe einzuschliessen.

1510. Bei der nächsten Reihe von Resultaten waren die Zwischenräume n und o (Fig. 17) gleich gemacht, um zu ermitteln, wo, wenn die kleine Kugel im positiven oder im negativen Zustand war, die leichtere Entladung geschehe (1493).

1511. In Luft, bei Zwischenräumen = 0,4 Zoll, A und B vertheilend und positiv, war die Entladung bei n und o fast gleich; wenn A und B vertheilend und negativ waren,

geschah die Entladung meist bei n in negativen Büscheln. Waren die Zwischenräume = 0,8 Zoll, A und B vertheilend positiv, so geschah alle Entladung bei n durch positive Büschel; wenn A und B vertheilend negativ waren, geschah die ganze Entladung bei n durch negative Büschel. Nach diesen Resultaten ist es also zweifelhaft, ob die negative Kugel eine grössere Leichtigkeit (zur Entladung) als die positive besitze.

1512. Stickstoff. — Zwischenräume n und o = 0,4 Zoll. A und B vertheilend positiv, Entladung an beiden Zwischenräumen, meist bei n, durch positive Funken: A und B vertheilend negativ, Entladung gleich bei n und o. Zwischenräume = 0,8 Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung ganz bei n in positiven Büscheln; A und B vertheilend negativ, Entladung meist bei o durch positive Büschel. In diesem Gase scheint also, obwohl der Unterschied nicht entscheidend ist, die positive kleine Kugel die leichtere Entladung zu bewirken.

1513. Sauerstoff. — Zwischenräume n und o = 0,4 Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung fast gleich; vertheilend negativ, Entladung meist bei n durch negative Büschel. — Zwischenräume n und o = 0,8 Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung bei n und o; vertheilend negativ, Entladung ganz bei o durch negative Büschel. Hier scheint demnach die kleine negative Kugel die leichteste Entladung zu gewähren.

1514. Wasserstoff. — Zwischenräume n und o = 0,4 Zoll. A und B vertheilend positiv, Entladung fast gleich; vertheilend negativ, Entladung meistens bei o. — Zwischenräume = 0,8 Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung meist bei n als positive Büschel; vertheilend negativ, Entladung meistens bei o, als positive Büschel. Hier scheint die positive Entladung die leichtere zu sein.

1515. Steinkohlengas. — Räume n und o = 0,4 Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung fast ganz bei o in negativen Funken; A und B vertheilend negativ; Entladung beinahe ganz bei n in negativen Funken. — Räume n = 0,8 Zoll, A und B vertheilend positiv, Entladung meist bei o in negativen Büscheln; A und B vertheilend negativ, Entladung ganz bei n in negativen Büscheln. Hier war also die negative Entladung die leichtere.

1516. Kohlensäuregas. — Räume n und o = 0,4 Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung nahe ganz bei o oder negativ; A und B vertheilend negativ, Entladung nahe ganz

bei n oder negativ. — Räume n und $o = 0{,}8$ Zoll: A und B vertheilend positiv, Entladung meistens bei o oder negativ; A und B vertheilend negativ, Entladung bei n oder negativ. Hier hatte das Negative einen entschiedenen Vorzug in Leichtigkeit der Entladung.

1517. Dürfen wir dieser Versuchsform trauen, so hat demnach die kleine negative Kugel, was Erleichterung der Zerreissungsentladung betrifft, in einigen Gasen, wie Kohlensäuregas und Steinkohlengas (1399), entschieden den Vorrang vor der positiven kleinen Kugel, während bei anderen Gasen der Schluss zweifelhafter scheint, und bei noch anderen einige Wahrscheinlichkeit für das umgekehrte Verhalten da ist. Alle diese Resultate wurden sehr nahe bei demselben atmosphärischen Druck erhalten.

1518. Ich machte in diesen Gasen (Fig. 17) einige Versuche über den Wechsel vom Funken zum Büschel, analog den in freier Luft angestellten und schon beschriebenen (1486. 1487). In nachstehender Tafel ist angegeben, wann der Büschel begann mit dem Funken untermischt zu erscheinen; allein die späteren Resultate waren so verschiedenartig, und die Natur der Entladung in verschiedenen Gasen so ungleich, dass es wenig Nutzen haben würde, die erhaltenen Resultate ohne weitere Untersuchung anzugeben. Bei kleineren Zwischenräumen, als die angeführten, geschah die Entladung immer in Funken.

	Entladung zwischen B und D		Entladung zwischen A und C	
	Kleine Kugel B		Grosse Kugel A	
	vertheilend positiv	vertheilend negativ	vertheilend positiv	vertheilend negativ
Luft.	0,55	0,30	0,40	0,75
Stickstoff	0,30	0,40	0,52	0,41
Sauerstoff.	0,70	0,30	0,45	0,82
Wasserstoff. . . .	0,20	0,10	—	—
Steinkohlengas . .	0,13	0,30	0,30	0,14
Kohlensäure . . .	0,82	0,43	1,60	1,80 *)

*) Weiter gestattete es der Raum nicht.

1519. Man muss wissen, dass, bei weit grösseren Zwischenräumen, als diese, Funken erschienen; die Tafel giebt nur die Abstände, unterhalb welcher alle Entladung in Funken geschah. Einige sonderbare Relationen der verschiedenen Gase zum Entladen sind schon erkennbar, doch würde es nutzlos sein, sie, ohne Erläuterung durch fernere Versuche, zu betrachten.

1520. Ich darf hier nicht unerwähnt lassen, dass Professor *Belli* in Mailand eine sehr werthvolle Reihe Versuche über das relative Entweichen der positiven und negativen Elektricität in die Luft veröffentlicht hat*); er findet das erstere weit leichter als das letztere.

1521. Ich habe einige ähnliche Versuche bei unterhaltenen hohen Ladungen angestellt; allein die Resultate waren weniger auffallend als die von Signore *Belli*, und ich halte sie nicht für genügend. Bei dieser Gelegenheit mag es mir erlaubt sein, eines störenden Einflusses zu erwähnen, der mich lange Zeit in Verlegenheit setzte. Wenn ich positive Elektricität aus einer gegebenen Spitze in die Luft strömen liess, zeigte ein Elektrometer auf dem mit der Spitze verbundenen Conductor eine gewisse Intensität an, die aber bei Fortdauer des Vorganges um mehrere Grade stieg. Als darauf der Conductor mit derselben Spitze negativ gemacht wurde, sonst aber alles gleich blieb, ward anfangs ein gewisser Grad von Intensität beobachtet, der ebenfalls beim Fortgang der Operation sich erhöhte. Abermals den Conductor positiv machend, war die Spannung anfangs gering, stieg aber wie zuvor. Dasselbe geschah, als er wiederum negativ gemacht wurde.

1522. Dies Resultat scheint anzuzeigen, dass die Spitze, welche die eine Elektricität ausgegeben hat, dadurch auf eine kurze Zeit geeigneter wird, die andere auszugeben. Allein bei näherer Untersuchung fand ich die ganze Erscheinung abhängend von der inductiven Reaction derjenigen Luft, welche durch die Spitze geladen wird, und, indem sie vor ihr, bei Andauer der positiven oder negativen Ausströmung, allmählich an Menge zunimmt, einen Theil der inductiven Wirkung der umgebenden Wände ablenkt und entfernt, und so anscheinend die Kräfte der Spitze abändert, während es in der That das Dielektricum selbst ist, was die Aenderung der Spannung bewirkt.

1523. Die mit den verschiedenen Umständen der positiven und negativen Entladung zusammenhängenden Resultate

*) Bibl. univ. 1836, Sept. p. 152. (Ann. Bd. XL S. 73.)

werden auf die Theorie der Elektricitätslehre einen weit grösseren Einfluss haben als wir uns gegenwärtig einbilden, besonders wenn sie, wie ich glaube, von der Eigenthümlichkeit und dem Grade des von den Theilchen des betreffenden Dielektricums erlangten Polarisationszustandes abhängen (1503. 1600). So z. B. muss die Relation unserer Atmosphäre und der darin befindlichen Erde zu dem Auftreten von Funken und Büscheln speciell und nicht zufällig sein. Sonst wäre sie nicht mit anderen meteorologischen Erscheinungen verträglich, die auch natürlich von den speciellen Eigenschaften der Luft abhängig, zwar ihrerseits in vollkommenster Harmonie mit den Functionen des Thier- und Pflanzenlebens stehen, doch in ihren Wirkungen beschränkt sind, nicht durch schwankende Einrichtungen, sondern durch die genauesten Gesetze.

1524. Selbst beim Durchgang des Voltaschen Stromes sehen wir an den beiden Kohlenspitzen die Eigenthümlichkeiten der positiven und negativen Entladung, und noch merkwürdiger ist die Verschiedenheit dieser Entladungen, wenn man sie gleichzeitig gegen Quecksilber geschehen lässt.

1525. Sehr möglich ist, dass der neuerlich von meinem Freunde, Professor *Daniell*, beobachtete und beschriebene auffallende Unterschied, nämlich: dass, wenn eine Zink- und eine Kupferkugel von gleicher Grösse respective in eine Kupfer- oder Zinkhohlkugel, ebenfalls von gleicher Grösse, gebracht, und durch Elektrolyte oder Dielektrica von gleicher Concentration und Natur erregt werden, die Zinkkugel eine weit stärkere Wirkung giebt, als die Zinkhohlkugel, — auch mit diesen Erscheinungen zusammenhängt; denn es ist nicht schwierig zu begreifen, wie die Polarität der Theilchen durch den Umstand, dass von den beiden, den Elektrolyten einschliessenden Flächen die positive, die des Zinks nämlich, die grössere oder kleinere sei, afficirt werden müsse. Es ist sogar möglich, dass das Verhältniss nach Verschiedenheit der Elektrolyte oder Dielektrica bedeutend abgeändert, und in einigen Fällen selbst umgekehrt werden könne.

Glimm-Entladung (*glow discharge*).

1526. Diejenige Form der zerreissenden Entladung, die als ein Glimmen (1359. 1405) erscheint, ist sehr eigenthümlich und schön; sie scheint abzuhängen von einer raschen und fast ununterbrochenen Ladung der Luft dicht bei, und in Berührung mit dem Conductor.

1527. Sie entsteht durch Verkleinerung der ladenden Fläche. Als z. B. ein Stab von 0,3 Zoll Durchmesser mit rundem Ende in freier Luft positiv gemacht wurde, gab er aus diesem Ende schöne Lichtbüschel; allein zuweilen verschwanden diese, und statt ihrer trat ein stilles, stetiges phosphorescirendes Glimmen ein, welches das ganze Ende des Stabes bekleidete, und sich von demselben auf eine sehr kleine Entfernung in die Luft erstreckte. Mit einem Stab von 0,2 Zoll Durchmesser war das Glimmen leichter hervorzubringen. Mit noch dünneren Stäben, und auch mit stumpfen konischen Spitzen, trat es noch leichter ein, und mit einer feinen Spitze konnte ich in freier Luft keinen Lichtbüschel, sondern nur dies Glimmen erhalten. Das positive Glimmen und der positive Stern (*star*) sind in der That eins und dasselbe.

1528. Verstärkung der Kraft der Maschine strebt Glimmen zu bewirken; denn zugerundete Enden, welche nur Lichtbüschel geben, wenn die Maschine schwach wirkt, liefern das Glimmen leicht, wenn diese in gutem Stande ist.

1529. Verdünnung der Luft begünstigt wunderbar das Glimmphänomen. Eine Messingkugel, drittehalb Zoll im Durchmesser, die unter der Glocke einer Luftpumpe positiv vertheilend gemacht worden, bedeckte sich auf einem Flächenraum von 2 Zoll Durchmesser mit einem Glimmen, als der Luftdruck auf 4,4 Zoll verringert worden. Durch eine geringe Ajustirung liess sich die Kugel ganz mit diesem Licht bekleiden. Bei Anwendung einer Messingkugel von 1,25 Zoll Durchmesser, die durch eine vertheilende negative Spitze vertheilt positiv gemacht worden, waren die Erscheinungen bei starken Graden von Verdünnung ausserordentlich schön. Das Glimmen verbreitete sich über die positive Kugel und nahm allmählich an Helligkeit zu, bis es zuletzt sehr leuchtend war; auch richtete es sich auf, gleich einer schwachen Flamme von der Höhe eines halben Zolls und mehr. Eine Berührung der Seiten der Glasglocke hatte eine Einwirkung auf diese leckende Flamme; sie nahm eine Ringform an, gleich einer Krone oben auf der Kugel, schien biegsam, und drehte sich verhältnissmässig langsam, d. h. etwa vier bis fünf Mal in einer Secunde. Diese Ringgestalt und dieses Drehen hängen zusammen mit mechanischen Strömen (1576), die unter der Glocke stattfinden. Dies Glimmen in verdünnter Luft wird oft sehr verschönert durch eine Funkenentladung am Conductor (1551 Note).

1530. Ein negatives Glimmen in der Luft, unter gewöhnlichem Druck, zu erhalten, ist schwierig. Auf Stäben von 0,3 Zoll Durchmesser, so wie auf weit dünneren Stäben konnte ich es mit meiner Maschine nicht hervorbringen, und es ist bis jetzt zweifelhaft, ob der sogenannte negative Stern, selbst auf feinen Spitzen, ein sehr reducirter und kleiner, aber noch intermittirender Lichtbüschel ist, oder ein Glimmen, ähnlich dem auf einer positiven Spitze.

1531. In verdünnter Luft lässt sich das negative Glimmen leicht erhalten. Wenn die zugerundeten Enden zweier, etwa 0,2 Zoll dicker Metallstäbe in eine Kugel oder Flasche mit verdünnter Luft eingeführt und bis auf etwa 4 Zoll einander gegenüber gebracht werden, kann man das Glühen leicht auf beiden Stäben erhalten, nicht bloss an den Enden, sondern noch 1 oder 2 Zoll dahinter. Bei Anwendung von Kugeln unter der Luftpumpenglocke liess sich, bei gehöriger Entfernung und Auspumpung, die negative Kugel mit einem Glimmen bekleiden, sie mochte die vertheilende oder vertheilte Fläche sein.

1532. Bei Anwendung von Stäben ist nothwendig darauf zu achten, dass, wenn sie in der Flasche oder Kugel concentrisch gestellt sind, das Licht des einen Stabes durch die Seiten des Gefässes auf den anderen Stab reflectirt wird, und diesen scheinbar leuchtend macht, wenn er es wirklich nicht ist. Dies lässt sich durch ein Verschieben des Auges während der Beobachtung entdecken oder durch Anwendung geschwärzter Stäbe vermeiden.

1533. Merkwürdig ist der Zusammenhang des Glimmens, der Lichtbüschel und Funken, wenn sie von positiven oder negativen Flächen erzeugt werden. So geht die Funkenentladung, um mit ihr zu beginnen, weit schneller in Büschel über, wenn die Fläche, an welcher die Entladung anfängt (1484) negativ, als wenn sie positiv ist; schreiten wir aber weiter fort in der Reihe der Veränderungen, so finden wir, dass der positive Büschel lange vor dem negativen in Glimmen übergeht, so dass, obwohl jede (*each*, d. h. Fläche. *P.*) die drei Zustände in derselben allgemeinen Ordnung darbietet, doch die Reihen nicht genau dieselben sind. Wahrscheinlich wird man, wenn diese Umstände genau (*minutely*) untersucht werden, wie es in Kurzem geschehen muss, finden, dass jedes Gas oder Dielektricum seine eigenen Resultate darbietet, abhängig von der Art, wie dessen Theilchen den polaren elektrischen Zustand annehmen.

1534. Das Glimmen zeigt sich in allen Gasen, die ich darauf untersucht habe, nämlich in Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Steinkohlengas, Kohlensäure, Salzsäure, schwefliger Säure und Ammoniak. Ich glaube es noch in Terpentinöl erhalten zu haben; allein jedenfalls war es matt und gering.

1535. Das Glimmen ist immer von einem Winde begleitet, der geradezu entweder von dem glimmenden Theil oder auf ihn zu bläst; der erstere Fall ist jedoch der häufigste. Dies findet statt, selbst wenn das Glimmen auf einer Kugel von beträchtlicher Grösse vorkommt; und wenn man die Sache so einrichtet, dass der leichte und regelmässige Zutritt der Luft zu einem, das Glimmen zeigenden, Theil gestört oder verhindert wird, hört das Glimmen auf.

1536. Niemals vermochte ich das Glimmen in sichtbare intermittirende Elementarentladungen zu zerlegen (1427. 1433), noch andere Beweise von intermittirender Wirkung, namentlich ein Geräusch (1431), zu erhalten. Die Erfolglosigkeit der Versuche, eine solche Wirkung sichtbar zu machen, mag von der grossen Ausbreitung des Glimmens abhängen, die eine Trennung sichtbarer Bilder verhindert; und in der That, selbst wenn eine Intermittenz stattfindet, es ist nicht wahrscheinlich, dass alle Theile auf einmal und regelmässig intermittiren.

1537. Alle diese Erscheinungen deuten darauf, dass das Glimmen von einer ununterbrochenen Ladung oder Entladung von Luft herrührt; im ersteren ist es begleitet von einem Strom aus dem Ort des Glimmens, im letzteren von einem zu demselben. So wie die umgebende Luft zu dem geladenen Conductor kommt, und den Ort erreicht, wo die Spannung der Theilchen auf einen hinreichenden Grad gestiegen ist (1370. 1410), wird sie geladen, und dann, durch den vereinten Effect der auf sie wirkenden Kräfte fortbewegt; und zur selben Zeit, da sie anderen Theilchen Platz macht, um ihrerseits anzulangen und sich zu laden, hilft sie jenen Strom bilden, durch welchen diese in die nothwendige Lage gebracht werden. So wird durch die Regelmässigkeit der Kräfte ein beständiger und ruhiger Effect erzeugt, bestehend in einer Ladung successiver Luftportionen, Erzeugung eines Stromes und eines fortdauernden Glimmens.

1538. Häufig vermochte ich zu bewirken, dass das Ende eines Stabes, welches für sich allein einen Lichtbüschel gegeben haben würde, vorzugsweise ein Glimmen gab, bloss dadurch, dass ich an diesem Ende die Bildung eines Luftstroms

unterstützte, und andererseits ist es gar nicht schwierig, durch Abänderung des Luftstroms (1574. 1579) oder der benachbarten Vertheilungswirkung das Glimmen in Lichtbüschel zu verwandeln.

1539. Der Uebergang des Glimmens einerseits in Büschel und andererseits in Funken, also der Zusammenhang dieser drei Erscheinungen, lässt sich auf verschiedene Weisen feststellen. Diejenigen Umstände, welche die Ladung der Luft durch den erregten Conductor zu erleichtern suchen, so wie die, welche ungeachtet der Entladung (des Conductors. *P.*) die Spannung auf derselben Stufe zu halten streben, tragen zur Erzeugung des Glimmens bei; diejenigen dagegen, welche der Ladung der Luft oder des anderweitigen Dielektricums zu widerstreben suchen, und die, welche die Anhäufung der elektrischen Kraft vor der Entladung begünstigen (welche Kraft, durch diesen Act sinkend, steigen muss, ehe die Spannung wieder den erforderlichen Grad erlangen kann), befördern die intermittirende Entladung, und deshalb die Erzeugung von Lichtbüscheln oder Funken. So helfen das Glimmen unterhalten oder hervorbringen: Verdünnen der Luft, Entfernen grosser leitender Flächen aus der Nachbarschaft des glimmenden Endes, Nähern einer scharfen Spitze gegen dasselbe; dagegen streben das Glimmen in Lichtbüschel und selbst in Funken zu verwandeln: Verdichten der Luft, Entgegenhalten der Hand oder einer anderen grossen Fläche, allmähliches Annähern einer Entladungskugel. Alle diese Umstände lassen sich, in leicht begreiflicher Weise, zurückführen auf ihr relatives Vermögen, bilden zu helfen entweder ein continuirliches Entladen gegen Luft, welches Glimmen erzeugt, oder ein unterbrochenes, welches Lichtbüschel, oder, mehr gesteigert, Funken hervorbringt.

1540. Das abgerundete Ende eines 0,3 Zoll dicken Stabes bekleidete sich, beim Drehen der Maschine, mit einem positiven Glimmen. Als die Maschine angehalten wurde, so dass die Ladung des Conductors sinken musste, verwandelte sich das Glimmen für einen Moment, gerade vor dem gänzlichen Verschwinden der Entladung, in Lichtbüschel, dadurch zeigend, dass für ein Ende von gewisser Grösse eine gewisse hohe continuirliche Ladung nothwendig sei. Als die Maschine so gedreht wurde, dass die Intensität gerade schwach genug sein musste, um continuirliche Lichtbüschel aus dem Ende in freie Luft zu geben, verwandelten sich diese Büschel, bei Annäherung

einer feinen Spitze, in ein Glimmen. Drehte man dagegen die Maschine so, dass das Ende ein continuirliches Glimmen in freier Luft darbot, so bewirkte die allmähliche Annäherung der Hand ein Zusammenziehen des Glimmens bis auf die letzte Spitze des Stabes, dann ein Ausstossen eines Lichtpunktes, welcher sich in einen Stiel (*foot stalk* (1426)) verwandelte und endlich Lichtbüschel mit grossen Verästelungen erzeugte.

1541. Macht man das Ende eines runden Drahts fettig, so giebt es sogleich Lichtbüschel statt des Glimmens. Eine Kugel, versehen mit einer stumpfen Spitze, die man nach Belieben mehr oder weniger aus ihr hervorragen lassen kann, liefert alle Abstufungen vom Glimmen, durch Lichtbüschel, in Funken.

1542. Es ist auch sehr interessant und lehrreich, den Uebergang vom Funken zum Glimmen durch den intermediären Zustand eines Streifens (*stream*), zwischen Enden (den Enden zweier Stäbe. *P.*) in einem, mit mehr oder weniger verdünnter Luft gefüllten Gefässe zu verfolgen; doch ich fürchte zu weitschweifig zu werden.

1543. Alle diese Erscheinungen zeigen, dass das Glimmen genau von derselben Natur ist, wie der leuchtende Theil eines Büschels oder einer Verästelung, nämlich ein Laden der Luft. Der einzige Unterschied besteht darin, dass das Glimmen durch die constante Erneuerung derselben Wirkung an demselben Ort das Ansehen einer ununterbrochenen Erscheinung erlangt, wogegen die Verästelung von einer momentanen, unabhängigen und intermittirenden Wirkung derselben Art herrührt.

Dunkle Entladung.

1544. Ich will nun einen sehr merkwürdigen Umstand in der, vom negativen Glimmen begleiteten, leuchtenden Entladung kennzeichnen, welcher späterhin vielleicht mit Recht bis in Entladungen von weit höherer Intensität verfolgt werden kann. Zwei Messingstäbe von 0,3 Zoll Dicke waren von gegenüberliegenden Seiten her in eine Glaskugel eingelassen und mit ihren Enden in Berührung gebracht; auch war die Luft um sie herum stark verdünnt. Nun wurde eine elektrische Entladung aus der Maschine durch sie hindurchgeleitet, und während dessen wurden die Enden von einander getrennt. Im Moment der Trennung erschien auf dem Ende des negativen Stabes ein andauerndes Glimmen, während das positive Ende

ganz dunkel blieb. Bei Vergrösserung der Entfernung erschien ein purpurfarbener Streif oder Nebel*) auf dem Ende des positiven Stabes, und schritt auswärts direct auf den negativen Stab los; er verlängerte sich bei Vergrösserung des Zwischenraums, vereinigte sich aber niemals mit dem negativen Glimmen, indem immer ein kurzer dunkler Raum dazwischen blieb. Dieser Raum von etwa $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{20}$ Zoll war anscheinend unveränderlich in Ausdehnung und Lage, in Bezug auf den negativen Stab; auch erlitt das negative Glimmen keine Veränderung. Der Effect war auch gleich, das negative Ende mochte vertheilend oder vertheilt sein. Seltsam war es zu sehen, wie der positive purpurfarbene Nebel sich beim Auseinanderrücken der Enden verkürzte oder verlängerte, und dennoch jener dunkle Raum und das negative Glimmen ungeändert blieben (Fig. 19).

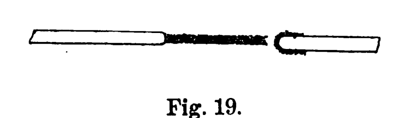


Fig. 19.

1545. Nun wandte ich zwei Kugeln in einer grossen Luftpumpenglocke an und verdünnte die Luft. Es zeigten sich die gewöhnlichen Uebergänge in dem Charakter der Entladung; allein sobald der leuchtende Streif, welcher nach Verschwinden der Funken und Büschel erschien, in ein Glimmen an den Kugeln übergegangen war, zeigte sich der dunkle Raum, und zwar es mochte die eine oder die andere Kugel die vertheilende, die positive oder negative sein.

1546. Zuweilen, wenn die negative Kugel gross, die Maschine kräftig und die Luftverdünnung stark war, bekleidete sich diese Kugel auf der Hälfte ihrer Oberfläche mit einem Glimmen, und dann schien sich, bei flüchtiger Beobachtung, kein dunkler Raum zu zeigen; allein dies war eine Täuschung, entspringend aus dem Uebergreifen der concaven Begrenzung des positiven Streifens über das convexe Ende des negativen Glimmens. Sorgfältigere Beobachtungen und Versuche überzeugten mich, dass, wenn das negative Glimmen eintrat, es niemals den leuchtenden Theil der positiven Entladung sichtbar berührte, sondern der dunkle Raum immer zugegen war.

1547. Die sonderbare Trennung, welche die positive und negative Entladung, wenigstens in ihren leuchtenden Theilen, unter Umständen darbieten, die Jeder als günstig für deren

*) *Stream or haze.*

Vereinigung halten würde, hängt wahrscheinlich zusammen mit den Unterschieden, die sie in Büschelform zeigen, und entspringt vielleicht aus gleicher Ursache. Ferner hat es alle Wahrscheinlichkeit, dass die dunkeln Stellen, die in schwachen Funken vorkommen, ebenfalls mit diesen Erscheinungen zusammenhängen*). Das Verständniss dieser Erscheinungen würde sehr wichtig sein; denn es ist ganz klar, dass bei vielen Versuchen, und, in der That, bei allen von mir angeführten, die Entladung durch den dunkeln Theil des Dielektricums in einer Ausdehnung stattfindet, die der in dem leuchtenden völlig gleich ist. Dieser Unterschied in dem Resultat scheint eine Verschiedenheit in der Art, wie die beiden elektrischen Kräfte in den respectiven Theilen in Gleichgewicht gebracht werden, anzuzeigen; und hält man diese Erscheinungen für fernere Beweise, dass wir die Principien der Vertheilung und Entladung in dem Zustand der Theilchen des Dielektricums suchen müssen, so würde es von grosser Wichtigkeit sein, genau zu wissen, worin der Unterschied des Vorgangs (*action*) in den dunkeln und leuchtenden Theilchen besteht.

1548. Die dunkle Entladung durch Luft (1552), welche in dem erwähnten Falle sehr augenfällig ist (1544), führt zu der Untersuchung, ob die Lufttheilchen überhaupt fähig sind, eine Entladung unter sich auszuführen, ohne leuchtend zu werden; und diese Untersuchung ist wichtig, weil sie zusammenhängt mit jenem Grad von Spannung, der zur Entstehung einer Entladung nothwendig ist (1368. 1370). Entladungen zwischen Luft und Leitern ohne Lichterscheinungen sind sehr gemein; und nicht leuchtende Entladungen durch fortführende Ströme von Luft und anderen Flüssigkeiten (1562. 1595) sind ebenfalls häufig genug; allein dies sind nicht die in Frage stehenden Fälle, da sie nicht Entladungen zwischen isolirenden Theilchen darstellen.

1549. Ich machte eine Vorrichtung zum Entladen zwischen zwei Kugeln (1485), Fig. 15; allein, statt die vertheilte Kugel direct mit dem Ableiter (292) zu verknüpfen, setzte ich sie in Verbindung mit dem inneren Belege einer Leidener Flasche und den Ableiter mit deren äusserem Beleg. Beim Drehen der Maschine ergab sich dann, dass, sobald hörbare und leuchtende Entladungen an den Kugeln *AB* vorkamen, die Flasche geladen ward, dass aber, wenn jene fehlten, auch

*) Prof. *Johnson*'s Versuche. *Silliman*'s Journal, XXV, p. 57.

die Flasche keine Ladung empfing[24]), und solches war der Fall, wenn, statt der Kugeln, kleine runde Enden angewandt wurden, wie sie übrigens auch angeordnet sein mochten. Unter diesen Umständen war also die Entladung selbst zwischen Luft und Leitern immer leuchtend.

1550. Allein in andern Fällen sind die Erscheinungen von der Art, dass sie es fast gewiss machen, dass eine dunkle Entladung durch die Luft hin stattfinden kann. Wenn man das zugerundete Ende eines 0,15 Zoll dicken Metallstabes einen guten negativen Büschel geben lässt, wird die Annäherung eines kleineren Endes oder einer stumpfen Spitze ihm gegenüber, bei einem gewissen Abstande, den Büschel verkleinern und an dem positiven vertheilten Draht ein Glimmen, begleitet von einem von ihm ausgehenden Luftstrom zum Vorschein bringen. Da nun die Luft sowohl an der positiven als negativen Oberfläche geladen ist, so scheint zu folgen, dass die geladenen Theilchen einander irgendwo in dem Zwischenraum begegnen und gegenseitig entladen, ohne eine Lichterscheinung hervorzubringen. Es ist jedoch möglich, dass die positiv elektrisirte Luft an dem glimmenden Ende nach der negativen Oberfläche wandere und wirklich die Atmosphäre bilde, in welche die sichtbaren negativen Büschel ausbrechen, wo dann eine dunkle Entladung nicht nothwendig vorzukommen braucht. Allein ich neige zu der ersteren Meinung, und glaube, dass die Verkleinerung des negativen Büschels beim Auftreten des positiven Glimmens an dem Ende des gegenüberstehenden Drahts für diese Meinung spricht.

1551. Bei Anwendung von verdünnter Luft als Dielektricum ist es leicht Lichterscheinungen, wie Büschel oder Glimmen, an beiden leitenden Kugeln oder Enden, nebst einem dunkeln Raum dazwischen, zu erhalten, und zwar so momentan, dass wir, glaube ich, die Entladung durch den dunkeln Raum nicht auf Ströme zurückführen können. Wenn man z. B. zwei Kugeln von ungefähr einem Zoll Durchmesser, in verdünnter Luft vier oder mehrere Zoll von einander befestigt, in die Bahn einer Entladung bringt, und nun einen unterbrochenen oder Funkenstrom*) mit der Maschine erzeugt, so kann man

*) Unter Funkenstrom verstehe ich den Uebergang einer Reihe von Funken zwischen dem Conductor der Maschine und dem Apparat; unter einem continuirlichen Strom dagegen einen, der durch metallene Leiter geht, und in dieser Beziehung ohne Unterbrechung an demselben Ort.

an jeder Kugel Lichterscheinungen erhalten, während mehr oder weniger von dem Zwischenraum völlig dunkel bleibt. Die Entladung geht so plötzlich über wie ein verzögerter Funken (295. 334), d. h. in einem fast unmessbar kleinen Zeitraum, und in solchem Falle muss sie, glaube ich, durch den dunkeln Theil als eine wahre Zerreissungsentladung, und nicht vermöge Fortführung übergegangen sein.

1552. Hieraus schliesse ich, dass es eine dunkle zerreissende Entladung geben kann (1547. 1550), und auch, dass in den leuchtenden Büscheln die sichtbaren Verästelungen nicht die volle Ausdehnung der zerreissenden Entladung (1444. 1452) anzeigen mögen, sondern dass jede eine dunkle Aussenseite, gleichsam eine Hülle, habe, durch deren sämmtliche Theile die Entladung sich erstreckt. Es ist sogar wahrscheinlich, dass es dunkle Entladungen giebt, die in der Form den Büscheln und Funken analog sind, an keiner Stelle aber leuchten (1445).

1553. Das Vorkommen der dunkeln Entladung in irgend einem Falle zeigt bei wie niederer Spannung eine zerreissende Entladung eintreten kann (1548), zeigt, dass das Licht der zuletzt erscheinenden Büschel und Funken keine Beziehung zur erforderlichen Intensität (1368. 1378) hat. Die Entladung beginnt, so zu sagen, im Dunkeln, und das Licht ist eine blosse Folge der Elektricitätsmenge, die, nach angefangener Entladung, zu diesem Orte fliesst und daselbst ihren leichtesten Uebergang findet (1418. 1435). Als ein Beispiel vom allgemeinen Wachsen der Entladung will ich bemerken, dass, bei den Versuchen in Sauerstoffgas über den Uebergang der Entladung von Funken in Büschel (1518), jedem Funken unmittelbar ein kurzer Büschel voranging.

1554. Die Erscheinungen bei der dunkeln Entladung in anderen Gasen, obwohl in gewissen Kennzeichen von der Luft verschieden, bestätigen die obigen Schlüsse. Die beiden zugerundeten Enden (1544) (Fig. 19) wurden in Salzsäuregas (1445. 1463) gebracht, bei 6,5 Zoll Quecksilber Druck, und ein ununterbrochener Maschinenstrom durch den Apparat gesandt. Es erschienen helle Funken, bis der Zwischenraum etwa einen Zoll betrug, wo dann statt ihrer ein untersetztes (*squat*) büschelförmiges, intermittirendes Glimmen an beiden Enden, mit einem dunkeln Raum dazwischen, eintrat. Wenn der Strom an der Maschine in Funken geschah, veranlasste jeder Funken eine Entladung durch das Salzsäuregas, welche

bei einem gewissen Zwischenraum (der Kugeln. *P.*) hell (*bright*) war, bei einem grösseren Zwischenraum, gerade und flammicht, einem sehr erschöpften und plötzlichen, aber nicht dichten und scharfen Funken gleich, erschien, und bei einem noch grösseren Zwischenraum einen schwachen Büschel an dem vertheilenden positiven Ende und ein Glimmen an dem vertheilten negativen Ende, mit einem dunkeln Raum dazwischen (1544) hervorbrachte; und zu solchen Zeiten war der Funke am Conductor, statt plötzlich und geräuschvoll zu sein, matt und still (334).

1555. Bei Einlassung von mehr Salzsäuregas (in den Recipienten der Luftpumpe. *P.*), bis der Druck 29,97 Zoll Quecksilber war, gaben dieselben Enden bei kleinen Abständen Funken; bei Abständen von einem Zoll und mehr geschahen aber die Entladungen meistens in sehr kleinen Büscheln und Glimmungen, häufig auch ohne alles Licht, obwohl noch Elektricität durch das Gas gegangen war. Sobald der helle Funken bei diesem Druck durch das Salzsäuregas ging, war er durch und durch hell, ohne dunkle und matte Stellen.

1556. In Steinkohlengas, unter gewöhnlichem Druck, und bei einem Abstande von etwa einem Zoll, war die Entladung begleitet von kurzen Büscheln an beiden Enden, und von einem dunkeln Raum von einem halben Zoll und mehr zwischen ihnen, ungeachtet die Entladung den scharfen schnellen Ton eines matten Funkens hatte, und in dem dunkeln Theil nicht von Fortführung abgehangen haben konnte.

1557. Dieses Gas zeigt rücksichtlich der hellen und dunkeln Stellen der Funkenentladung verschiedene Sonderbarkeiten. Wenn zwischen den Enden der 0,3 Zoll dicken Stäbe (1544) helle Funken überschlugen, erschienen dicht bei den hellsten Stellen des Funkens sehr plötzlich dunkle. Ferner waren bei diesen Enden, so wie auch bei Kugeln (1422) die hellen Funken zuweilen roth, zuweilen grün, und zuweilen grün und roth an ihren verschiedenen Theilen. Ueberdies zeigte sich in den beschriebenen Versuchen, bei gewissen Abständen, eine sehr eigenthümliche blasse, matte, aber plötzliche Entladung, die, obwohl scheinbar schwach, sehr direct in ihrer Bahn war, und von einem scharfen, schnappenden Geräusch begleitet wurde, wie wenn sie in ihrer Aufeinanderfolge sehr rasch war.

1558. Wasserstoff gab häufig eigenthümliche Funken, die an einer Stelle hellroth, an der andern matt blassgrau, oder auch ganz und gar matt und eigenthümlich waren.

1559. Stickstoff gab zwischen zwei Kugeln, von respective 0,15 und 2 Zoll Durchmesser (1506. 1518), von denen die kleinere entweder direct oder vertheilt negativ gemacht worden, eine sehr merkwürdige Entladung. Sie geschah bei Zwischenräumen von 0,42 bis 0,68 und selbst 1,4 Zoll, wenn die grössere vertheilend positiv war, und bestand aus einem kleinen büscheligen Theil an der kleineren negativen Kugel, einem dunkeln Raum, und endlich einer geraden matten Linie an der grossen positiven Kugel (Fig. 20). Die Lage des dunkeln Raums war sehr beständig, und hatte wahrscheinlich eine directe Beziehung zu dem beschriebenen dunkeln Raum, der bei negativem Glimmen vorhanden war (1544). Wenn durch irgend einen Umstand ein heller Funke erschien, war der Contrast mit dem oben beschriebenen sonderbaren Funken sehr auffallend; denn er hatte immer einen schwach purpurfarbenen Theil, und dieser lag beständig nahe an der positiven Kugel.

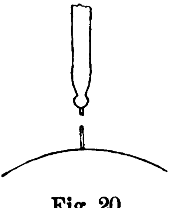


Fig. 20.

1560. So scheint denn die dunkle Entladung entschieden festgestellt; allein ihre Feststellung ist von Beweisen begleitet, dass sie in verschiedenen Gasen in verschiedenen Graden und Weisen auftritt. Das ist zu vielen anderen Actionen (1296. 1398. 1399. 1423. 1454. 1503) eine neue specifische, durch welche die elektrischen Relationen isolirender Dielektrica unterschieden und festgestellt sind, und ein neues Argument zu Gunsten der hier in Untersuchung genommenen Moleculartheorie von der Vertheilung.

1561. Was ich über die Zerreissungsentladung gesagt, ist etwas lang geworden, doch hoffe ich, wird die Wichtigkeit des Gegenstandes dies entschuldigen. Ehe ich meine Bemerkungen schliesse, will ich noch die Frage aufwerfen: Ob wir keinen Grund haben, die Spannung der Zurückhaltung (*retention*) und demnächst die Entladung in Luft oder anderen isolirenden Dielektricis als einerlei zu betrachten mit der Verzögerung und Entladung in einem Metalldraht, nur dem Grade nach fast unendlich verschieden von diesen (1334. 1336). In anderen Worten: können wir nicht durch eine Stufenleiter von Verknüpfungen die Entladung verfolgen von ihrem Vorkommen

in Luft an, durch Wallrath und Wasser zu Lösungen, und dann zu Chloriden, Oxyden und Metallen, ohne wesentliche Aenderung in ihrem Charakter, und zugleich die unmerkliche Leitung der Luft, durch Salzsäuregas, und die dunkle Entladung verknüpfend mit der besseren Leitung durch Wallrath, Wasser und der höchst vollkommenen Leitung der Metalle, die Erscheinungen beider Extreme in Zusammenhang setzen? Und könnte es nicht sein, dass die Verzögerungskraft und das Glühen eines Drahts Effecte von genau gleicher Natur wären mit der Zurückhaltung der Entladung und dem Funken in Luft? Wenn dem so ist, wird sich ergeben, dass die beiden Extreme in den Eigenschaften der Dielektrica im innigsten Zusammenhang stehen, und die ganze Verschiedenheit wahrscheinlich nur abhängt von der Weise und dem Grade, wie sich deren Theile unter dem Einfluss der vertheilenden Actionen polarisiren (1338. 1603. 1610).

10. Fortführung oder fortführende Entladung.

1562. Die letzte Art von Entladung, die ich zu betrachten habe, ist die, welche durch das Fortwandern (*motion from place to place*) der geladenen Theilchen bewirkt wird. Sie ist in ihrer Beschaffenheit scheinbar sehr verschieden von allen früheren Entladungsweisen (1319); allein da das Resultat dasselbe ist, so kann sie von grosser Wichtigkeit sein, um nicht bloss die Natur der Entladung selbst, sondern auch den sogenannten elektrischen Strom zu erläutern. In Fällen von Lichtbüscheln und Glimmungen (1440. 1535) vereinigt sie oft, wie zuvor bemerkt, ihre Wirkung mit der der zerreissenden Entladung, um den Act der Neutralisation zwischen den elektrischen Kräften zu vervollständigen.

1563. Die geladenen Theilchen, seien sie isolirender oder leitender Natur, gross oder klein, wandern dann. Die Betrachtung eines grossen Partikels von leitender Substanz mag zuvörderst unsere Vorstellungen unterstützen.

1564. Ein kupferner Kessel von drei Fuss Durchmesser ward isolirt und elektrisirt, doch so schwach, dass ein Entweichen durch Büschel und zerreissende Entladung in keinem merklichen Grade an den Rändern und vorspringenden Theilen stattfinden konnte. Eine Messingkugel, 2 Zoll im Durchmesser, hängend an einem sauberen Faden von weisser Seide, ward ihr genähert; es ergab sich, dass sie, wenn sie eine oder

zwei Secunden lang irgend einem Theile der geladenen Oberfläche des Kessels nahe gewesen, doch in solchem Abstande (zwei Zoll ungefähr), dass sie keine directe Ladung von ihr erhalten konnte, durch sich selbst geladen war, obwohl sie die ganze Zeit über isolirt gewesen; und ihre Elektricität war die entgegengesetzte von der des Kessels.

1565. Diese Wirkung war gegenüber den Kanten und Vorsprüngen des Kessels am stärksten, und schwächer an den Seiten oder den ausgedehnten Stücken der Oberfläche, die nach *Coulomb*'s Resultaten die schwächste Ladung haben. Sehr stark war sie gegenüber einem aus dem Kessel hervorragenden Stifte. Sie trat bei negativer und positiver Ladung des Kessels gleich gut ein. Sie zeigte sich auch bei kleineren Kugeln bis 0,2 Zoll und weniger im Durchmesser, so wie mit kleineren geladenen Leitern als der Kessel (*copper*). In der That ist es in einigen Fällen kaum möglich, eine isolirte Kugel bis auf einen oder zwei Zoll einer geladenen ebenen oder convexen Oberfläche zu nähern, ohne dass sie eine Entladung entgegengesetzter Art als die der Oberfläche erlangt.

1566. Dieser Vorgang ist eine Vertheilung, keine Mittheilung. Wenn die Kugel durch das dazwischenliegende Dielektricum mit der positiv geladenen Oberfläche in Beziehung tritt, gerathen ihre gegenüberliegenden Seiten in entgegengesetzte Zustände; die dem Kessel zugewandte wird negativ, die abgewandte positiv. Es wird eine grössere Vertheilungswirkung gegen die Kugel gerichtet, als, in Abwesenheit derselben, durch den nämlichen Ort gehen würde, unter mehreren Gründen deshalb, weil durch sie, als Leiter, der Widerstand der Theilchen des verdrängten Dielektricums entfernt ist (1298), und auch, weil die reagirende positive Oberfläche der Kugel sich weiter, als wenn daselbst keine leitende Substanz vorhanden wäre, vom Kessel aus erstreckt*), daher mehr Freiheit hat, durch den Rest des Dielektricums gegen umgebende Leiter zu wirken, und so die Erhöhung derjenigen Vertheilungspolarität, welche in ihre Bahn gerichtet ist (*which is directed in its course*), begünstigt. Es ist, in Bezug auf die Erhöhung der Kraft auf ihrer (der Kugel. *P.*) Aussenfläche über die auf der vertheilenden

---

*) *Because the reacting positive surface of the ball being projected further out from the boiler than when there is no introduction of conducting matter, ...*

Oberfläche des Kessels, wie wenn der letztere selbst, in dieser Richtung, einen Vorsprung hätte. So erlangt sie (die Kugel) einen gleichartigen, aber höheren Zustand als die Oberfläche des Kessels, welche ihn (den Zustand) veranlasst hat. Ihr Zustand ist hoch genug, um an ihrer positiven Oberfläche eine Entladung gegen die Luft zu veranlassen, oder auf kleine Theilchen, eben so wie sie selbst (die Kugel) von dem Kessel afficirt wird, einzuwirken, sie anzuziehen, zu laden und abzustossen; und so wird die Kugel, als Ganzes, in den entgegengesetzten vertheilten Zustand gebracht. Die Folge hiervon ist, dass sie, wenn sie sich frei bewegen kann, in ihrer Tendenz, unter all den Kräften, sich dem Kessel zu nähern, eine Verstärkung erfährt, während sie zugleich in ihrem Zustand, sowohl Polarität als Ladung, mehr und mehr gesteigert wird, bis, bei einem gewissen Abstande, eine Entladung stattfindet, wobei sie gleichen Zustand wie der Kessel annimmt, abgestossen wird und zu dem Leiter geht, der, sie zu entladen, sich unter den günstigsten Umständen befindet, worauf sie ihren ersten indifferenten Zustand wieder annimmt.

1567. Es scheint mir, dass die Art, wie vertheilende Körper auf ungeladene, schwebende und bewegliche Leiter in ihrer Nähe einwirken, sehr oft von dieser Natur sei, und gewöhnlich so, wenn sie in einer fortführenden Operation endet (1562. 1602). Die Art, in welcher, während der vorwaltende vertheilende (*dominant inductric*) Körper seine Elektricität nicht an die Luft abgeben kann, der vertheilte (*inducteous*) Körper eine Entladung derselben Art von Kraft zu bewirken vermag, ist sonderbar, und bei verlängerten oder unregelmässig gestalteten Leitern, z. B. Filamenten oder Staubtheilchen, wird der Effect oft sehr leicht eintreten und die darauf folgende Anziehung sehr unmittelbar sein.

1568. Der beschriebene Effect hat wahrscheinlich auch Einfluss in Hervorrufung jener Veränderungen bei der Funkenentladung, deren in der letzten Reihe erwähnt wurde (1386. 1390). Denn wenn ein Staubtheilchen gegen die Vertheilungsaxe zwischen den Kugeln gezogen wird, wird es, bei einem gewisssen Abstande von jener Axe, anfangen sich selbst in der (1566) beschriebenen Weise zu entladen, und dieser Anfang mag den Act (1417. 1420) so weit erleichtern, dass die Entladung vervollständigt wird, sobald Funken durch das Theilchen gehen, obwohl es vielleicht nicht der kürzeste Weg von Kugel zu Kugel sein mag. So wird auch, mit gleichen Kugeln bei

gleichen Abständen, wie in den schon beschriebenen Vergleichungsversuchen (1493. 1506) ein Theilchen, das zwischen einem Paar von Kugeln ist, dort vorzugsweise eine Entladung bewirken, oder selbst, wenn ein Theilchen zwischen beiden ist, wird ein Unterschied in der Grösse und Gestalt der einen zur Zeit ein Uebergewicht über die andere geben.

1569. Das Vermögen der Staubtheilchen, Elektricität fortzuführen, wenn diese von hoher Spannung, ist bekannt, und schon beim Gebrauch des Vertheilungsapparats (1201) habe ich einige Fälle der Art angeführt. Das Allgemeine des Vorganges zeigt sich sehr gut bei grossen leichten Gegenständen, z. B. bei dem Spielwerk, das man elektrische Spinne nennt; oder, wenn kleinere Dinge zur physikalischen Untersuchung gewünscht werden, bei dem Rauch einer glimmenden grünen Wachskerze, welche, einen successiven Strom solcher Theilchen darbietend, deren Bahn sichtbar macht.

1570. Bei Anwendung von Terpentinöl als Dielektricum lässt sich die Wirkung und der Lauf kleiner leitender fortschiffender Theilchen darin gut beobachten. Einige kurze Fädchen vertreten die Stelle von Läufern (*carriers*) und ihre progressive Wirkung ist ungemein interessant.

1571. Beim Terpentinöl wurde eine sehr auffallende Erscheinung beobachtet, von der es vielleicht noch zweifelhaft ist, ob sie von dem Fortführungsvermögen der Theilchen in demselben oder von irgend einer andern Wirkung derselben herrührt. In einem Glasgefäss, auf dessen Boden eine grosse unisolirte Silberscheibe lag, befand sich eine Portion dieses Oels, in welches oben ein elektrisirter Metallstab mit rundem Ende eintauchte. Die Isolation war sehr gut, und die Anziehung und andere Erscheinungen sehr auffallend. Das Ende des Stabes mit einem daran hangenden Tropfen Gummiwasser ward dann in der Flüssigkeit elektrisirt; sogleich strömte das Gummiwasser in feinen Fäden fort und zerstreute sich rasch durch das Terpentinöl. Während der Zeit, dass vier Tropfen sich auf diese Weise mit dem Dielektricum vermengt hatten, hatte das letztere bei weitem den grössten Theil seines Isolationsvermögens verloren, keine Funken liessen sich mehr in der Flüssigkeit erhalten, und alle von Isolation abhängigen Erscheinungen waren sehr schwach geworden. Die Flüssigkeit war sehr schwach getrübt. Auf blosse Filtration durch Papier erlangte sie wieder ihre frühere Klarheit, und isolirte nun so gut wie zuvor. Das Wasser war demnach bloss zertheilt in

dem Terpentinöl, nicht verbunden mit, oder gelöst in demselben; allein ob die kleinen Theilchen als Führer (*carrier*) dienten, oder ob sie nicht vielmehr in der Linie der höchsten Vertheilungsspannung (1350) aneinandergereiht (*gathered together*) und daselbst durch die elektrischen Kräfte in verlängerte Gestalten ausgezogen waren, so ihre Wirkungen vereinigend, um eine Zone von einer, im Vergleich zum Terpentinöl ein bedeutendes Leitvermögen besitzenden Materie zu bilden, das ist noch zweifelhaft.

1572. Die Analogie zwischen der Wirkung starrer Theilchen, die leiten und fortführen, und der von geladenen Theilchen einer isolirenden, als Dielektricum wirkenden Flüssigkeit ist sehr einleuchtend und einfach; allein im letzteren Fall erfolgen nothwendig Ströme in den beweglichen Mitteln. Theilchen werden durch vertheilende Wirkung in einen Polarisationszustand gebracht, und diesem, nachdem er auf eine gewisse Spannung (1370) gestiegen, folgt die Mittheilung eines Theils der ursprünglichen Kraft des Conductors; demzufolge werden die Theilchen geladen, und dann unter dem vereinten Einfluss von abstossenden und anziehenden Kräften gegen einen Entladungsplatz getrieben, oder zu dem Ort, wo diese vertheilenden (*inductric*) Kräfte am leichtesten durch die entgegengesetzten vertheilten (*inducteous*) Kräfte compensirt werden.

1573. Warum eine Spitze für die Erzeugung von Strömen in einem flüssigen isolirenden Dielektricum, wie Luft, so ausserordentlich günstig sein müsse, ist sehr einleuchtend. Es ist das Ende der Spitze, das zuerst die zur Ladung der Luft erforderliche Intensität erlangt (1374); von diesem weichen die geladenen Theilchen zurück; und die mechanische Kraft, die dasselbe der Luft einprägt, um einen Strom zu bilden, wird in jeder Hinsicht begünstigt durch die Gestalt und Lage des Stabes, von welchem die Spitze das Ende bildet. Zugleich wie die Spitze der Ursprung einer thätigen mechanischen Kraft geworden ist, verhindert sie, gerade durch den Act der Hervorrufung jener Kraft, nämlich durch Entladung, jeden andern Theil des Stabes an der Erlangung desselben nothwendigen Zustandes, und so bewahrt und unterhält sie ihre eigene Uebermacht.

1574. Die sehr mannigfaltigen und schönen Erscheinungen, welche bei Beschirmung oder Einschliessung der Spitze entstehen, erläutern die Erzeugung des Stroms ausserordentlich gut, und rechtfertigen die nämlichen Schlüsse; wobei erinnert

werden muss, dass in solchen Fällen der Effect auf die Entladung zweierlei Art ist. Denn der Strom kann gestört werden entweder durch Abhaltung des Zutritts von frischer ungeladener Luft oder durch Verzögerung des Fortschaffens der bereits geladenen, wie im Fall eine Spitze in einer an einem Ende verschlossenen Röhre von isolirender Substanz elektrisirt wird; oder auch der elektrische Zustand der Spitze selbst kann durch die Relation zu anderen, benachbarten und ebenfalls elektrisch gemachten Theilen verändert werden, z. B. wenn die Spitze sich in einer Metallröhre befindet, durch das Metall selbst, oder wenn sie in einer Glasröhre ist, durch ähnliche Wirkung der geladenen Stellen des Glases, oder selbst durch die umgebende Luft, die geladen worden ist und nicht entweichen kann.

1575. Will man in einem flüssigen Dielektricum Vertheilungsphänomene beobachten, die eine unmittelbare Beziehung zu, und eine Abhängigkeit von der Fluidität des Mediums haben, wie z. B. Entladung aus Spitzen, oder Anziehungen und Abstossungen u. s. w., so muss die Masse der Flüssigkeit gross sein, und in solchem Verhältniss zu dem Abstande zwischen den vertheilenden und vertheilten Flächen, dass alle Linien der Vertheilungskraft (1369) zwischen ihnen eingeschlossen sind; sonst können die Wirkungen von Strömen, Anziehungen u. s. w., welche die Resultanten aller dieser Kräfte sind, nicht erhalten werden. Die Erscheinungen, welche in offener Luft oder in der Mitte einer mit Terpentinöl gefüllten Kugel vorkommen, finden in denselben Mitteln nicht mehr statt, können auch nicht mehr erwartet werden, sobald sie in Röhren von Glas, Schellack, Schwefel oder anderen solchen, obwohl vortrefflich isolirenden Substanzen, eingeschlossen sind. Denn in solchen Fällen sind die Polarkräfte, statt zerstreut zu sein unter die flüssigen Theilchen, die unter ihrem Einfluss sich zu bewegen suchen, verbunden an vielen Stellen mit Theilchen, die, ungeachtet ihrer Tendenz zur Bewegung, gezwungen sind ruhig zu bleiben.

1576. Die mannigfachen Umstände, unter welchen mit verschiedentlich geformten und beschaffenen Leitern Ströme vorkommen können, erläutern alle dieselbe Einfachheit der Erzeugung. Eine Kugel wirkt wie eine Spitze (1537), sobald die Intensität auf ihrer Oberfläche hinlänglich gesteigert, und am grössten ist auf einem Theile, der mit der Erzeugung eines Luftstroms zu und von ihr vereinbar ist; das ist der Fall,

wenn sich auf der Kugel ein Glimmen zeigt, da für dieses Phänomen der Strom wesentlich ist. Gebraucht man eine Kugel, so gross wie sie zur Hervorbringung des Glimmens angewandt werden kann, so erscheint das Glimmen an der Stelle, wo der Strom die Kugel verlässt, und das wird die Stelle sein, die der Verknüpfung der Kugel mit dem sie tragenden Stab gerade gegenüber liegt; sobald man aber anderswo die Spannung steigert, so dass sie die an jener Stelle übertrifft, was sich durch Vertheilung leicht bewirken lässt, so ändert sich der Ort des Glimmens und die Richtung des Stroms ebenfalls, und geht zu demjenigen Ort über, der zur Zeit am günstigsten für die Erzeugung beider ist (1591).

1577. Das Nähern der Hand an die Kugel z. B. wird Büschel hervorzubringen streben (1539); allein durch vermehrten Zufluss von Elektricität kann das Glimmen unterhalten werden; führt man nun die Hand von Seite zu Seite herum, so wird die Lage des Glimmens sich sehr augenfällig mit bewegen.

1578. Eine Spitze gegen eine glimmende Kugel gehalten wird, in zwölf oder vierzehn Zoll Entfernung, das Glimmen in Büschel verwandeln; bringt man sie aber näher heran, so kommt das Glimmen wieder zum Vorschein, wahrscheinlich als Folge der Entladung von Wind oder Luft, die aus der Spitze gegen die Kugel gerichtet ist; und dies Glimmen folgt der Spitze, wenn man diese bewegt, in jeder Richtung.

1579. Selbst ein Windstrom wirkt auf die Stelle des Glimmens. Denn als eine gefirnisste Glasröhre seitwärts gegen eine Kugel gerichtet, und zuweilen Luft durch sie auf die Kugel geblasen wurde und zuweilen nicht, so veränderte sich, im ersteren Fall, der Ort des Glimmens ein wenig, wie wenn es durch den Strom fortgeblasen würde, wie man es gerade im Voraus erwarten konnte. Alle diese Erscheinungen erläutern schön die allgemeinen Ursachen und Beziehungen sowohl des Glimmens als der dasselbe begleitenden Luftströme (1574).

1580. Flammen erleichtern die Entstehung eines Stroms in den sie umgebenden Dielektricis. Denn, wenn man auf einer Kugel, die keinen Strom in Luft gegeben haben würde, eine Flamme anbringt, klein oder gross, so bildet sich der Strom mit grösster Leichtigkeit. Die Wirksamkeit der Flamme in diesem Fall zu begreifen, kann nicht die geringste Schwierigkeit haben, sobald man nur daran die Beziehung

derselben, als Theil des umgebenden Dielektricums, zu der elektrisirten Kugel für einen Augenblick in Betracht zieht (1375. 1380).

1581. Leitende flüssige Enden, statt starrer Spitzen, erläutern in sehr schöner Weise die Bildung von Strömen, so wie deren Effecte und Einflüsse auf Erhöhung der Zustände, unter denen sie begannen. Sei das zugerundete Ende eines ungefähr 0″,3 dicken Stabes in freier Luft herabwärts gerichtet, sei es amalgamirt und hänge daran ein Tropfen Quecksilber; nun elektrisire man es kräftig. Das Quecksilber wird das Phänomen des Glimmens zeigen, ein Luftstrom wird längs dem Stabe fortfliessen, und aus dem Quecksilber gerade heruntergehen; die Gestalt des Metalltropfens wird etwas geändert, die Convexität an einer kleinen Stelle nahe bei der Mitte und unten grösser geworden sein, während sie rundherum, etwas von dieser Stelle, verringert ist. Aus der Gestalt *a* (Fig. 21) ist die *b* geworden, und diese Veränderung rührt fast, wenn nicht ganz, von der mechanischen Kraft des an seiner Oberfläche fortstreichenden Luftstroms her.

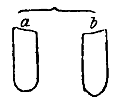


Fig. 21.

1582. Als eine vergleichende Beobachtung sei bemerkt, dass eine Kugel, die dem Quecksilber langsam genähert wurde, das Glimmen in Büschel verwandelte, und zuletzt schlugen Funken aus den vorragendsten Theilen desselben. Eine Spitze bewirkt dasselbe, aber bei weit kleineren Abständen.

1583. Man nehme nun einen Tropfen starker Chlorcalciumlösung. Bei Elektrisirung desselben wird wahrscheinlich ein Theil zerstreut; allein, wenn die Elektricität nicht zu stark ist, bleibt das Meiste und bildet einen konischen Tropfen (Fig. 22), begleitet von einem starken Winde. Wenn Glimmen da ist, hat der Tropfen eine glatte Oberfläche; bildet sich aber ein kurzer schwacher Büschel, so ist eine kleine zitternde Bewegung in der Flüssigkeit sichtbar; und beide Erscheinungen sind mit der hauptsächlich zu beobachtenden verknüpft, nämlich einer regelmässigen, ununterbrochenen Ladung der Luft, Bildung eines Windes oder Stromes, und Gestaltsveränderung des Tropfens durch diesen Strom. Wenn eine Entladungskugel allmählich dem Kegel genähert wird, so schlagen zuletzt Funken über, und zwar von der Spitze des Kegels zu der genäherten Kugel, was einen


Fig. 22.

bedeutenden Grad von Leitvermögen in dieser Flüssigkeit andeutet.

1584. Mit einem Tropfen Wasser waren die Erscheinungen von gleicher Art; am besten erhielt man sie, wenn eine Portion Gummiwasser oder Syrup an einer Kugel haftete (Fig. 23). Drehte man die Maschine langsam, so bildete sich ein schöner, grosser, ruhiger, konischer Tropfen, mit concavem Seitenumriss und kleinem zugerundeten Ende, an dem das Glimmen erschien, während von der Spitze des Kegels ein steter Wind ausging von hinreichender Stärke, um die Oberfläche von gegenübergehaltenem unisolirten Wasser herabzudrücken. Drehte man die Maschine rascher, so wurde ein Theil des Wassers fortgetrieben; der kleine zugespitzte Rückstand war etwas rauh auf der Oberfläche, und man hörte das Geräusch successiver Büschelentladungen. Bei noch mehr Elektricität ward mehr Wasser zerstreut; das, was zurückblieb, ward wechselweise verlängert und zusammengezogen; man hörte eine stärkere Büschelentladung, und die Vibrationen des Wassers waren gleichzeitig mit den successiven Entladungen der einzelnen Büschel. Wenn Wasser von unten her dem Tropfen genähert wurde, zeigte es nicht mehr den regelmässigen starken zusammengezogenen Luftstrom wie zuvor; und wenn die Entfernung eine solche war, dass Funken überschlugen, ward das Wasser darunter eher angezogen als fortgestossen, und der Luftstrom hörte auf.

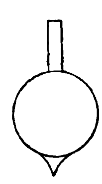


Fig. 23.

1585. Wenn die Entladungskugel dem Tropfen in seinem ersten ruhigen glimmenden Zustand (1582) genähert wurde, verwandelte sie das Glimmen in Büschel, und bewirkte eine vibrirende Bewegung des Tropfens. Noch mehr genähert, schlugen Funken über, doch immer von dem Metall des Stabes über die Wasseroberfläche zu der Spitze, und von da durch die Luft zur Kugel. Dies ist eine nothwendige Folge des mangelhaften Leitvermögens der Flüssigkeit (1584. 1585).

1586. Warum der Tropfen vibrirt, seine Gestalt zwischen den Perioden der Büschelentladungen ändert, so dass er zu gewissen Zeitpunkten mehr oder weniger verlängert ist, und am meisten, wenn der Büschel fortschiesst, warum er isochron in seiner Wirkung ist, und wie der ruhige glimmende flüssige Tropfen, bei Annahme der Kegelgestalt, die erste Wirkung gleichsam erleichtert, sind Punkte, die, in der Theorie, so

einleuchten, dass ich nicht von ihnen reden will. Das Bemerkenswertheste für jetzt ist die Bildung des fortführenden Luftstroms, und die Weise, wie er, durch Veränderung der Tropfengestalt, sein Dasein und seinen Einfluss zu erkennen giebt.

1587. Dass der Tropfen, wenn er von Wasser oder einer besser leitenden Flüssigkeit ist, hauptsächlich durch den Luftstrom seine Kugelgestalt bekommt, lässt sich unter andern (1594) folgendermaassen zeigen. Man halte eine scharfe Spitze unter den konischen Tropfen; sogleich verliert dieser seine Kegelform, zieht sich zusammen, wird rund, der Luftstrom aus ihm hört auf, und wird durch einen aus der Spitze ersetzt, welcher, wenn diese dem Tropfen nahe genug gehalten wird, denselben seitwärts bläst und ihm eine concave Form giebt.

1588. Es ist kaum nöthig zu sagen, was mit noch schlechteren Leitern als Wasser, z. B. mit Oel oder Terpentinöl, geschieht. Die Flüssigkeit wird dann zu Fäden ausgesponnen (*spun out*) und fortgeführt, nicht nur weil die auf ihrer Oberfläche dahin streichende Luft sie wegfegen hilft, sondern auch weil ihre isolirenden Theilchen denselben Ladungszustand wie die Luft annehmen, und, da sie unfähig sind, sich gegen die Luftttheilchen in stärkerem Grade zu entladen als diese es unter einander vermögen, so werden sie durch dieselben Ursachen fortgeführt, welche diese wegtreiben. Eine ähnliche Erscheinung mit geschmolzenem Siegellack an einer Metallspitze bildet einen alten und wohl bekannten Versuch.

1589. Ein Tropfen Gummiwasser in der entleerten Glocke der Luftpumpe erlitt bei Elektrisirung keine merkliche Aenderung seiner Gestalt. Bei Einlassung von Luft begann er seine Form zu ändern, als der Druck zehn Zoll Quecksilber betrug. Bei 14 bis 15 Zoll Druck war die Aenderung merklicher, und so wie die Luft an Dichtigkeit zunahm, wurden die Erscheinungen stärker, bis sie zuletzt denen in offener Luft gleich waren. Die Schwäche der Erscheinungen in verdünnter Luft schreibe ich der relativ geringen Stärke ihrer Ströme zu. Diese Geringheit hängt ab erstlich von dem schwächeren elektrischen Zustand der elektrisirten Kugel in dem verdünnten Medium, und dann von dem verdünnten Zustand des Dielektricums; da die Cohäsionskraft des Wassers in Bezug auf verdünnte Luft einigermaassen gleich ist der des Quecksilbers bezüglich auf dichte Luft (1581), während die von Wasser in dichter

Luft mit der von Quecksilber in Terpentinöl (1597) verglichen werden kann.

1590. Wenn eine Kugel mit einer dicken leitenden Flüssigkeit bedeckt ist, kann man leicht durch Vertheilungswirkung fast aus jedem Theil von ihr einen Wind hervorbringen (1577). Der Versuch, welcher zuvor etwas schwierig auszuführen war, wird dadurch erleichtert, dass die Flüssigkeit denjenigen Theil, der zuerst von schwacher Wirkung war, durch Annahme einer zugespitzten Form in Stand setzt, zu einem erhöhten Zustand zu steigen.

1591. Soll ein Strom entstehen, so muss die elektrische Intensität an Einem Ort, nämlich am Ursprung des Stroms, mehr als sonst wo steigen und fortfahren, und wenn dann die Luft einen gleichförmigen und leichten Zugang hat, so wird ein Strom erzeugt. Wenn kein Strom verstattet ist (1574), so kann die Entladung durch Büschel und Funken geschehen. Mag sie indess durch Büschel oder Funken oder Wind geschehen, so scheint es sehr wahrscheinlich, dass die anfängliche Intensität oder Spannung, bei welcher ein Theilchen eines gegebenen gasigen Dielektricums sich ladet oder zu entladen anfängt, unter den zuvor angegebenen Umständen, immer dieselbe ist (1410).

1592. Es wird nicht vorausgesetzt, dass alle Luft, welche in Bewegung geräth, elektrisirt sei; im Gegentheil wird viel nicht geladene Luft mit in den Strom hineingerissen. Der wirklich geladene Theil mag nur ein kleiner sein von dem, was zuletzt in Bewegung gesetzt wird (1442).

1593. Wenn ein Tropfen Gummiwasser (1584) negativ gemacht wird, zeigt er einen grösseren Kegel als wenn er positiv ist; es wird weniger Flüssigkeit fortgeschleudert, und doch können, bei Annäherung einer Kugel, schwerlich Funken erhalten werden, so spitz ist der Kegel und so frei die Entladung. Eine Spitze unter ihn gehalten, bewirkt keine so starke Verkürzung des Kegels, wie wenn er positiv ist. Alle Erscheinungen sind so verschieden von denen, die der positive Kegel darbietet, dass ich nicht zweifle, solche Tropfen würden eine sehr unterrichtende Methode zur Untersuchung des Unterschiedes positiver und negativer Entladungen in Luft und anderen Dielektricis abgeben (1480. 1501).

1594. Damit man mich nicht missverstehe (1587), muss ich hier bemerken, dass ich die Kegel nicht für alleinig gebildet durch Ströme von Luft oder einem anderen, über

ihrer Oberfläche befindlichen isolirenden Dielektricum ansehe. Wenn der Tropfen aus schlecht leitender Substanz besteht, rührt ein Theil des Effects von dem elektrisirten Zustand der Theilchen her, und dieser Theil macht fast das Ganze aus, wenn die Substanz Siegellack, Terpentinöl oder ein ähnlicher isolirender Körper ist (1588). Allein selbst wenn der Tropfen aus gut leitender Substanz, z. B. Wasser, Lösungen, Quecksilber, besteht, ist es, obwohl der eben erwähnte Effect dann unmerklich sein wird (1607), nicht bloss der Strom der Luft oder des anderen Dielektricums, was die Formveränderung bewirkt; denn ein Theil rührt her von jenen Anziehungskräften, vermöge welcher der Tropfen, wenn er frei beweglich wäre, längs der Linie der stärksten Vertheilung fortwandern würde, und, wenn er nicht frei beweglich ist, eine verlängerte Gestalt annimmt, bis die Summe der verschiedenen Kräfte, die diese Gestalt zu bewirken trachten, durch die Cohäsionskraft der Flüssigkeit aufgewogen ist. Die Effecte der Anziehungskräfte zeigen sich gut bei Anwendung von Gummiwasser, weissem oder braunem Syrup (*syrup or treacle*); denn die langen Fäden, welche ausgesponnen werden, während sie die Axen der Luftströme bilden, die noch als hervorgerufen an ihren Spitzen angesehen werden können, sind gleich biegsamen Leitern und zeigen durch ihre Richtung, wohin sie von den Anziehungskräften gezogen werden.

1595. In dichten isolirenden Dielektricis zeigen die Ströme einen ausserordentlichen Grad von mechanischer Kraft. Bringt man z. B. eine Pinte wohl rectificirten und filtrirten (1571) Terpentinöls in ein Glasgefäss, taucht an verschiedenen Orten in dasselbe zwei Drähte, von denen der eine mit der Elektrisirmaschine und der andere mit dem Ableitungszug (292) verbunden ist, und dreht nun die Maschine, so wird die Flüssigkeit durch ihre ganze Masse hin in heftige Bewegung gerathen, während sie zugleich an dem Draht der Maschine zwei, drei oder vier Zoll aufsteigt, und von ihm in Strahlen in die Luft schiesst.

1596. Wenn sehr sauberes Quecksilber unisolirt auf dem Boden der Flüssigkeit liegt und der von der Maschine ausgehende Draht sich entweder in einer Kugel oder Spitze endigt, auch durch eine Glasröhre geht, die sich über und unter die Oberfläche des Terpentinöls erstreckt, so lassen sich die Ströme besser betrachten, und man kann sehen, wie sie an dem Draht hinunter geradezu auf das Quecksilber fahren, dort

nach allen Richtungen divergiren, die Oberfläche desselben stark runzeln, und, an den Seiten des Gefässes in die Höhe steigend, zurückkehren, um wieder in ihre Bahn einzutreten.

1597. Ein Tropfen Quecksilber, der an einer amalgamirten Messingkugel hing, behielt seine Gestalt in Luft fast unverändert (1581); wenn er aber in Terpentinöl getaucht ward, wurde er sehr spitz, und es konnten sogar Quecksilbertheilchen ausgesponnen und fortgeführt werden durch die Ströme des Dielektricums. Die Gestalt des flüssigen Metalls war gerade so wie die von dem Syrup in der Luft (1584), die Spitze des Kegels war ganz so fein, doch nicht so lang. Die Annäherung einer scharfen unisolirten Spitze wirkte ganz so auf ihn, wie auf den Syrupstropfen in Luft (1587), doch nicht so leicht, wegen der Dichtigkeit und beschränkten Menge des Dielektricums.

1598. Verbindet man das am Boden der Flüssigkeit befindliche Quecksilber mit der Elektrisirmaschine, während man einen am Ende mit einer Kugel von ungefähr drei Viertelzoll Durchmesser versehenen Stab in der Hand hält, und taucht die Kugel in die elektrisirte Flüssigkeit, so erfolgen sehr auffallende Erscheinungen. Zieht man die Kugel wieder in die Höhe, so dass sie beinahe zum Niveau der Flüssigkeit heraustritt, so bleiben grosse Portionen derselben an ihr haften (Fig. 24). Auch bei weiterer Hebung der Kugel bleibt sie

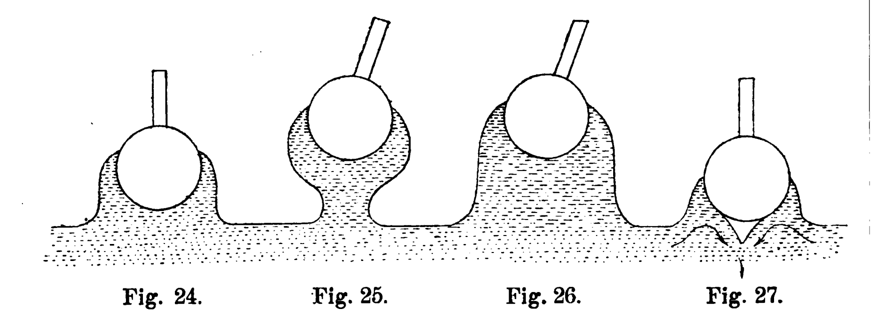


Fig. 24. Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27.

noch durch eine Säule Terpentinöl mit dem Gefässe verbunden (Fig. 25). Setzt man die Maschine in grössere Thätigkeit, so wird das Gehobene massiger und steigt auch höher, dabei die Gestalt Fig. 26 annehmend, und während aller dieser Erscheinungen kann man Ströme und Gegenströme, oft dicht

neben einander laufend, in der gehobenen Flüssigkeitssäule beobachten.

1599. Es ist sehr schwierig bei Versuchen, wie diese, durch den Anblick über die Richtung der Ströme zu entscheiden. Bringt man Seidetheilchen hinein, so haften sie an den Leitern; allein bei Anwendung von Wasser- und Quecksilbertropfen scheint der Lauf des flüssigen Elektricums gut angedeutet. Wenn z. B. ein Wassertropfen mit dem Ende des Stabes (1571) über das unisolirte Quecksilber gebracht wird, so ist es bald in Theilchen weggefegt, die auf das Quecksilber herabströmen. Bringt man einen anderen Tropfen auf das Quecksilber und unter das Ende des Stabes, so wird es schnell, in Form von strömenden Theilchen, nach allen Richtungen zerstreut, die anziehenden Kräfte ziehen ihn in verlängerte Portionen aus, und die Ströme führen ihn fort. Hängt man einen Tropfen Quecksilber an eine Kugel, die zur Hebung einer Flüssigkeitssäule gebraucht wird (1598), so zeigt die Gestalt des Tropfens Ströme an, die in der Flüssigkeit in den durch die Pfeile (Fig. 27) angedeuteten Richtungen gehen.

1600. Bei diesen Erscheinungen zeigt sich ein sehr merkwürdiger Umstand, nämlich dass eine positive geladene Kugel eine weit höhere und breitere Säule von Terpentinöl hebt, als eine negativ geladene. Ohne Zweifel hängt dies zusammen mit dem schon erwähnten Unterschied zwischen positiver und negativer Wirkung (1480. 1525), und es trägt viel zur Stütze der Ansicht bei, dass dieser Unterschied mehr den Theilchen des Dielektricums, als den geladenen Leitern zuzuschreiben ist, und von der Polarisationsart dieser Theilchen abhängt (1503. 1523).

1601. Sobald Ströme in isolirenden Dielektricis vorhanden sind, bewirken sie wirklich eine Entladung, und es ist wichtig zu bemerken, obschon sehr natürlich, dass es gleichgültig ist, in welcher Richtung die Ströme oder Theilchen wandern, da mit umgekehrter Richtung ihr Zustand auch umgekehrt ist. Diese Veränderung lässt sich, sowohl in Luft als Terpentinöl, zwischen zwei gegenüberstehenden und in Beziehung gesetzten Stäben leicht bewirken; denn wenn eine isolirte Kugel mit einem der Stäbe verknüpft und seinem Ende nahe gebracht wird, so richtet sie den Strom von dem gegenüberstehenden Ende her gegen sich.

1602. Oft kommen beide Ströme zugleich vor, z. B. wenn beide Enden Büschel bilden, und häufig, wenn sie glimmen (1531). In solchen Fällen begegnen und entladen einander alle oder viele der geladenen Theile (1548. 1612). Hält man eine rauchende Wachskerze auf dem Ende eines isolirenden Stabes gegen den geladenen ersten Conductor, so bilden sich oft zwei Ströme, die sich durch ihren Dampf sichtbar machen, einer, der als feine Flocken von Rauchtheilchen gerade zum geladenen Conductor geht, und ein anderer, der von derselben Kerze aus direct vom Conductor abwärts geht. Die Principien der Vertheilungswirkung und Ladung, welche bei Betrachtung des Verhaltens einer Tragkugel zu einem Conductor angeführt wurden (1566), finden auch hier ihre Anwendung.

1603. Die allgemeine Analogie und, ich glaube sagen zu können, Identität der Action, welche sich zwischen Isolation und Ladung (1338. 1561) ergab, als aus der Classe der Isolatoren und Leiter die besten und schlechtesten mit einander verglichen wurden, liess mich erwarten, dass das Phänomen der Fortführung in schlechten Leitern nicht ohne ein paralleles unter den besseren Leitern, selbst den Metallen, sein würde. Beim Nachdenken schienen mir die von *Davy**) in flüssigen Metallen, z. B. Quecksilber und Zinn, hervorgebrachten Kegel Fälle der Art zu sein, und wahrscheinlich gehört hierher auch die von *Ampère***) beschriebene Verlängerung des metallischen Mediums beim Durchgang eines elektrischen Stroms; denn es ist nicht schwierig einzusehen, dass die durch das starke Leitvermögen der zu diesen Versuchen angewandten metallischen Media eingetretene Verringerung der Fortführung mehr als compensirt sein könnte durch die ungeheure Quantität der durchgegangenen Elektricität. In der That ist es unmöglich, beim Durchgang eines solchen Stroms durch eine Flüssigkeit, die dem Durchgang der Elektricität einen merklichen Widerstand leistet, und dadurch einen gewissen Grad von Isolationsvermögen kund giebt (1328), nicht einigen Effect dieser Art, sei er merklich oder nicht, zu erwarten.

1604. Ich bemühte mich, die fortführenden Ströme in Luft, Terpentinöl u. s. w. mit denen in Metallen durch

---

*) Philos. Transact. f. 1823, p. 155.
**) Biblioth. universelle, XXI, p. 47.

intermediäre Fälle zu verknüpfen, fand dies aber nicht leicht. Als ich z. B. Körper nahm, welche, wie Wasser, Säuren, Lösungen, geschmolzene Salze oder Chloride u. s. w. intermediäre Leitungsfähigkeiten besitzen, war die geringe Elektricitätsmenge, welche eine Elektrisirmaschine liefern kann (371. 861) augenblicklich verbraucht, so dass die Ursache des Phänomens entweder auf einer sehr niederen Intensität gehalten wurde oder der Zeitraum, während dessen die Effecte anhielten, so kurz war, dass ich nicht hoffen konnte, die gesuchten Resultate zu beobachten. Bei Anwendung einer Volta'schen Batterie erweisen sich alle diese Körper als Elektrolyte, und die Gasentwicklung und das Auftreten anderer Veränderungen stören und verhindern die Beobachtung der erforderlichen Effecte.

1605. Dessungeachtet giebt es einige Versuche, die den Zusammenhang erläutern. Zwei Platindrähte, welche die Elektroden einer starken Volta'schen Batterie bildeten, wurden nahe und neben einander in eine starke Glasröhre mit destillirtem Wasser, das einige Fäserchen enthielt, hermetisch eingeschmolzen. Als, vermöge der Gasentwicklung und dem dadurch verstärkten Druck, die Blasen an den Elektroden so klein geworden, dass sie nur schwach aufsteigende Ströme erzeugten, konnte bemerkt werden, dass die Fäserchen zwischen den beiden Drähten angezogen und abgestossen wurden, wie sie es zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Flächen in Luft oder Terpentinöl geworden wären, und sie bewegten sich so rasch, dass sie die Blasen und die Ströme, welche diese zu bilden suchten, verschoben und störten. Nun, glaube ich, kann nicht bezweifelt werden, dass unter ähnlichen Umständen und bei einem reichlichen Zufluss von Elektricität, besonders von hinlänglicher Spannung, fortführende Ströme gebildet worden wären. Die Anziehungen und Abstossungen der Fäserchen waren in der That die Elemente solcher Ströme (1572), und deshalb ist Wasser, obgleich es als Leiter fast unendlich über Luft und Terpentinöl steht, ein Medium, in welchem ähnliche Ströme stattfinden können.

1606. Ich hatte mir einen Apparat gemacht (Fig. 28, s. nächste Seite), worin *a* eine Platte Schellack ist, *b* ein feiner Platindraht, der durch dasselbe geht, und oben bloss seinen Querschnitt entblösst hat, *c* ein auf dem Schellack ruhender Ring von Fliesspapier, und *d* destillirtes Wasser, das durch den Papierring an seinem Orte gehalten wird, und eben hinreicht

das Ende des Drahts *b* zu bedecken; ein anderer Draht *e* berührt ein in dem Wasser liegendes Stück Zinnfolie, und ist ausserdem verbunden mit dem Ableitungszug. Auf diese Weise war es leicht, indem man *b* entweder positiv oder negativ machte, durch sein Ende einen Elektricitätsstrom in die Flüssigkeit zu senden und durch den Draht *e* fortgehen zu lassen.

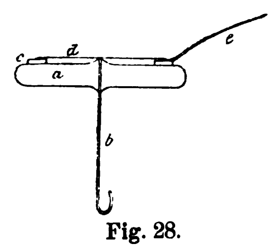


Fig. 28.

1607. Bei Verknüpfung des Drahtes *b* mit einer kräftigen Elektrisirmaschine konnte, während der Thätigkeit derselben, nicht die geringste Störung im Niveau der Flüssigkeit über dem Ende des Drahts beobachtet werden; allein zugleich ergab sich nicht die geringste Anzeige einer elektrischen Ladung am Conductor der Maschine; so vollständig war die Entladung. Ich schliesse hieraus, dass die in einer gegebenen Zeit durchgehende Elektricitätsmenge im Vergleich zum Leitvermögen der Flüssigkeit zu klein war, um den erwünschten Effect hervorzubringen.

1608. Ich lud nun eine grosse Leidner Batterie (291) und entlud sie durch den Draht *b*, jedoch mit Einschaltung eines feuchten Fadens von zwei Fuss Länge, um Funken in dem Wasser zu verhüten, und die Entladung, die sonst eine plötzliche heftige gewesen sein würde, zu mässigen und zu verlängern (334). Ich bekam auch eine sehr kurze Erhöhung des Wassers über dem Ende des Drahts; und obwohl darin zugleich ein Paar Gasblasen gebildet wurden, so dass ich nicht behaupten konnte, der Effect sei unzweifelhaft derselbe, welchen *Davy* in Metallen erhielt, so war er doch, nach meiner besten Ueberzeugung, zum Theil, und, ich glaube, hauptsächlich von dieser Natur.

1609. Zu Versuchen ähnlicher Art mit Elektrolyten wandte ich eine Volta'sche Batterie von 100 Paar vierzölliger Platten an. Hierbei war der Schellack napfförmig und der Draht *b* 0,2 Zoll dick. Zuweilen gebrauchte ich einen positiven amalgamirten Zinkdraht in Berührung mit verdünnter Schwefelsäure; ein anderes Mal einen negativen Kupferdraht mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd; allein wegen der Gasentwicklung, der Fällung von Kupfer u. s. w. war ich nicht im Stande entscheidende Resultate zu erlangen. Ich muss jedoch erwähnen,

dass, wenn ich, um *Davy*'s Versuch zu wiederholen, Quecksilber anwendete, die Batterie von 100 Paaren nicht hinreichend war, Erhöhungen zu bewirken*).

1610. Die letzten Versuche (1609) können daher für den gehofften Beweis als fehlgeschlagen betrachtet werden; allein ich hege viel Vertrauen zu den früheren (1605. 1608) und zu den mit ihnen verknüpften Betrachtungen (1603). Habe ich recht gesehen, so wird es erlaubt sein, die Ströme an Spitzen und Flächen in so äusserst verschiedenen Körpern, wie Luft und Metalle, in Zusammenhang zu bringen, und anzunehmen, dass sie Effecte gleicher Art sind, nur verschieden im Grade und im Verhältniss zum Isolations- oder Leitungsvermögen des angewandten Dielektricums; welch abermaliges grosses Argument erhalten wir zu Gunsten jener Theorie, die auch in den Erscheinungen der Isolation und Leitung, wie in diesen, dieselben scheinbar verschiedenen Substanzen mit einander verknüpft (1336. 1561); und wie vollständig scheint die allgemeine Ansicht, welche alle Erscheinungen auf die directe Wirkung der Körpertheilchen bezieht, die verschiedenartigen vereinzelten Erscheinungen, so wie sie successiv in Betracht kommen, zu umfassen!

1611. Der Zusammenhang dieser auf einem gewissen Grad von Isolation beruhenden Fortführungen mit der Leitung, d. h. das Vorkommen beider Erscheinungen in so vielen Substanzen, wie Metalle, Wasser, Luft u. s. w., würde zu manchen sehr sonderbaren theoretischen Verallgemeinerungen führen, denen ich aber hier nicht nachgehen kann. Nur einen Punkt will ich mir anzuführen erlauben. Die Leitung scheint wesentlich eine Wirkung an einander grenzender Theilchen zu sein, und die eben aufgestellten Betrachtungen, nebst andern früher gemachten (1326. 1336 u. s. w.) führen zu dem Schluss, dass alle Körper, Luft so gut wie Metalle, leiten, und zwar durch denselben Process, und dass der Unterschied nur in dem erforderlichen Grad von Kraft oder Spannung zwischen den Theilchen liegt, welcher stattfinden muss, ehe der Act der

*) Bei den Versuchen in der Royal Institution wandte Sir *H. Davy*, glaube ich, 500 bis 600 Plattenpaare an. Die in der London Institution wurden mit dem Apparat des Hrn. *Pepys* angestellt, bestehend aus einem einzigen Plattenpaar von ungeheurer Grösse, und beschrieben in den Phil. Transact. f. 1823, p. 187.

Leitung oder Ueberführung von einem Theilchen zum andern stattfinden kann.

1612. Es entsteht dann die Frage, was ist der Grenzzustand, welcher Leitung und Isolation gleichsam von einander trennt? Besteht er in einem Unterschied zwischen zwei angrenzenden Theilchen oder den Polen dieser Theilchen, rücksichtlich der Natur und des Betrages der positiven und negativen Kraft, indem keine Mittheilung oder Entladung eher eintreten kann, als bis jener Unterschied zu einem gewissen, für verschiedene Körper ungleichen, für denselben Körper aber immer gleichen Grad gestiegen ist? Oder ist es richtig, dass, wie klein der Unterschied zwischen zwei solchen Körpern auch sein mag, sobald nur Zeit gelassen wird, eine Ausgleichung der Kräfte stattfindet, selbst bei Theilchen von Körpern, wie Luft, Schwefel, Schellack? In jedem einzelnen Körper würde das Isolationsvermögen proportional sein, erstens dem Grade des angenommen nothwendigen Kraftunterschiedes, und zweitens der Zeit, die zur Ausgleichung gleicher Grade von Unterschieden in verschiedenen Körpern erfordert wird. In Betracht der Gase ist man fast zu der Erwartung eines permanenten Kraftunterschiedes geführt; allein in allen andern Körpern scheint die Zeit ganz hinlänglich zuletzt eine vollständige Leitung gewiss zu machen. Der Unterschied in den Verfahren (*modes*), durch welche Isolation unterhalten, oder Leitung bewirkt werden kann, ist kein blosser grillenhafter, sondern ein sehr wichtiger Punkt, da er wesentlich zusammenhängt mit der Moleculartheorie der Vertheilung und der Weise wie Körpertheilchen ihren Polarisationszustand annehmen und bewahren.

11. Verhalten des luftleeren Raumes zu elektrischen Erscheinungen.

1613. Es würde seltsam sein, wenn eine Theorie, die alle Erscheinungen der Isolation und Leitung, d. h. alle elektrischen Erscheinungen, auf eine Wirkung angrenzender Theilchen bezieht, den als möglich vorausgesetzten Fall eines Vacuum zu vernachlässigen gezwungen wäre. Angenommen, dass ein Vacuum hervorgebracht werden könnte, würde es in der That sehr interessant sein zu wissen, wie es sich zu den elektrischen Erscheinungen verhalte; und, da Schellack und Metall einander direct entgegengesetzt sind, ob, wenn ein Vacuum beiden

gegenübergestellt wird, keine Leitung oder Vertheilung durch dasselbe hin stattfinde. *Morgan* sagt, ein Vacuum leite nicht*). *H. Davy* schloss aus seinen Untersuchungen, dass, so vollkommen er ein Vacuum darstellen konnte, es leite; allein er betrachtete die von ihm dargestellten Vacua nicht als absolut**). Bei dergleichen Versuchen glaube ich die leuchtende Entladung hauptsächlich an der Innenfläche des Glases beobachtet zu haben, und es scheint nicht ganz unwahrscheinlich, dass, wenn das Vacuum nicht leitet, es doch die ihn begrenzende Glasoberfläche thut.

1614. Einmal, als ich glaubte, die Vertheilungskraft wirkte in geraden Linien, hoffte ich diese wichtige Frage dadurch aufzuhellen, dass ich Versuche über die Vertheilung mit Metallspiegeln (bloss als leitende Gefässe angewandt) anstellte; sie waren bei Nacht gegen einen sehr heiteren Himmel gerichtet und von solcher Concavität, dass von dem untersten Theil derselben *n* aus (Fig. 29) nur das Firmament sichtbar sein konnte. Solche Spiegel, wenn sie z. B. durch Verbindung mit einer Leidner Flasche, elektrisirt, und durch eine Prüfungskugel untersucht wurden, gaben in einem Zimmer an dem untersten Theil ihrer Concavität mit Leichtigkeit Elektricität; allein ich hoffte, dass sie, unter den zuvor angegebenen Umständen, wenig oder gar keine Elektricität geben würden, wenn die Atmosphäre oben wirklich durch ein Vacuum begrenzt ist. Die Hoffnung wurde vereitelt; denn ich erhielt so viel Elektricität wie zuvor; fand aber in der Entdeckung der krummlinigen Vertheilungswirkung (1231) eine volle und genügende Erklärung des Resultats.

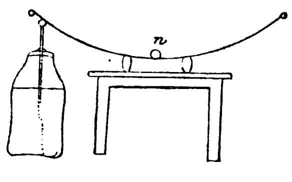


Fig. 29.

1615. Meine Theorie, so weit ich sie aufgestellt habe, behauptet nicht über die Folgerungen hinsichtlich eines Vacuums zu entscheiden. Sie ist bis jetzt noch nicht durch Versuche mit leeren oder anders beschaffenen Räumen (*spaces void of matter or those of other kinds*) hinreichend abgerundet (*limited*), oder genau, um anzugeben, was in einem Vacuum geschehen werde. Bis jetzt habe ich mich nur bemüht, festzustellen, was

*) Philos. Transact. 1785, p. 272.
**) Ebendaselbst, 1822, p. 64.

Leitung oder Ueberführung von einem ... elektrische
stattfinden kann. ... Isolation und

1612. Es entsteht dann ... erzeugt werden durch
zustand, welcher Leitung ... Theilchen, dabei das nächste
trennt? Besteht er in ... beachtet; und ich habe ferner
grenzenden Theilchen ... polarisirt werden, dass jedes
sichtlich der Natur ... zwei Richtungen besitzt (1295.
tiven Kraft, indem ... Wirkung auf die angrenzen-
treten kann, als ... durch in die Ferne wirken.
verschiedene F ... Theilchen, dass in die Bahn der Ver-
immer gleich ... angenommen, Vacuum trete, so folgt nicht aus
dass, wie k ... ein Theilchen auf der anderen Seite des-
auch sein ... dass die ... wirken könnten. Gesetzt, es sei
gleichung ... auf einander Theilchen möglich, im Mittelpunkt
Körper ... elektrisirten Zoll Durchmesser zu existiren, so
Körpe ... von einem ... meiner Theorie das Theilchen in der Ent-
dem ... in einem halben Zoll auf alle die Grenzfläche der
und ... einem Theilchen zu wirken, mit einer Kraft gemäss
vo ... wirkende Gesetze der Quadrate der Entfernung. Wäre
B ... bekannten ... die zollgrosse Kugel mit isolirender Substanz gefüllt, dann
r ... würde das elektrisirte Theilchen, nach meiner Ansicht, nicht unmittelbar auf die entfernten Theilchen wirken, sondern auf die nächst anliegenden und seine ganze Kraft zu deren Polarisirung verwenden, erzeugend in ihnen auf der zugewandten Seite eine negative, und auf der abgewandten eine positive Kraft, beide von gleichem Betrage mit seiner eigenen positiven Kraft, von denen jene abgewandte Kraft in gleicher Weise auf die nächstfolgenden Lagen von Theilchen wirkte, so dass zuletzt diejenigen Theilchen auf der Oberfläche der Kugel von einem halben Zoll im Durchmesser, auf welche, wenn die Kugel ein Vacuum wäre, direct eingewirkt würde, von dem Theilchen in der Mitte oder der Quelle der Wirkung eine indirecte Einwirkung erfahren, d. h. in derselben Weise und mit gleichem Kraftbetrage polarisirt werden.

XIX. Natur des elektrischen Stroms.

1617. Das Wort Strom ist in der gewöhnlichen Sprache so bezeichnend, dass wir es, bei Anwendung auf die Betrachtung elektrischer Erscheinungen schwerlich genugsam von seiner Bedeutung entkleiden oder uns vor dessen Einfluss auf unser Urtheil hüten können (283. 511). Ich werde es in seinem

gewöhnlichen elektrischen Sinne gebrauchen, nämlich als allgemeinen Ausdruck für einen gewissen Zustand und eine gewisse Beziehung von als wandernd vorausgesetzten elektrischen Kräften.

1618. Ein Strom wird erzeugt sowohl durch Erregung als durch Entladung, und wie auch diese beiden allgemeinen Ursachen abgeändert werden mögen: der Erfolg bleibt derselbe. So kann die Erregung auf verschiedene Weise geschehen, durch Reibung, chemische Wirkung, Einfluss der Wärme, Aenderung des Zustandes, Vertheilung u. s. w.; und die Entladung hat die Formen von Leitung, Elektrolysirung, zerreissender Entladung und Fortwanderung; dennoch scheint der mit diesen Vorgängen verknüpfte Strom, wenn er auftritt, in allen Fällen derselbe zu sein. Diese Beständigkeit in dem Charakter des Stroms, ungeachtet der in seinen Vorkommnissen zu machenden besonderen und grossen Mannigfaltigkeiten, ist ungemein auffallend und wichtig. Die Untersuchung und Entwicklung derselben verspricht den zugänglichsten und vortheilhaftesten Weg zum wahren und tiefen Verständniss der Natur der elektrischen Kräfte zu eröffnen.

1619. Bis jetzt haben die Erscheinungen des Stroms nichts meiner Ansicht über die Natur der Vertheilung als eine Wirkung angrenzender Theilchen Widersprechendes dargeboten. Ich habe mich bemüht, mich von Vorurtheilen zu befreien und nach Widersprüchen umzusehen, habe indess in der leitenden, elektrolytischen, fortführenden und zerreissenden Entladung keinen finden können.

1620. Betrachtet als Ursache übt der Strom sehr ausserordentliche und verschiedenartige Kräfte aus, nicht bloss in seiner Bahn und in den Körpern, worin er vorkommt, sondern auch seitwärts, wie bei den inductiven und magnetischen Erscheinungen.

1621. Elektrolytische Wirkung. — Eine seiner directen Wirkungen ist die Ausübung rein chemischer Kraft, ein gegenwärtig ziemlich umfassend untersuchter Gegenstand; es ergab sich, dass sie beständig und fest ist in Betracht der Menge der entladenen elektrischen Kraft (783 u. s. w.), und überdies, dass die erforderte Intensität in Beziehung steht zu der zu überwältigenden Verwandtschaft oder Kraft (*forces*) (904. 906. 911). Der Strom und seine Erfolge sind hier proportional; der eine kann zur Repräsentation des andern angewandt werden;

kein Theil des Effects von beiden ist verloren oder gewonnen, so dass der Fall ein strenger ist, und doch ist es genau der Fall, welchen die Lehre, dass die Vertheilung eine Wirkung angrenzender Theilchen sei, am schlagendsten erläutert (1164. 1343).

1622. Der Process der elektrolytischen Entladung scheint mir sehr analog oder vielleicht in seiner Natur identisch zu sein mit einem andern Entladungsprocess, welcher auf den ersten Blick sehr verschieden davon erscheint, ich meine die Fortführung. Bei dieser können die Theilchen ellenweit durch ein Zimmer wandern, können Winde in der Luft erzeugen, stark genug, um Maschinen zu bewegen, und in Flüssigkeiten, wie Terpentinöl, sogar die Hand erschüttern (*shake*) und schwere metallische Körper fortführen*); und doch sehe ich nicht, dass die Kraft, sei es in der Art noch in der Wirkung, irgend verschieden wäre von der, durch welche ein Wasserstofftheilchen ein Sauerstofftheilchen verlässt, um zu einem andern zu gehen, oder durch welche ein Sauerstofftheilchen in entgegengesetzter Richtung wandert.

1623. Wandernde Lufttheilchen können eben so gut chemische Veränderungen bewirken als der Contact einer festen Platinelektrode oder als der einer sich verbindenden Elektrode (*combining electrode*) oder als die Jonen eines zersetztwerdenden Elektrolyten (453. 471); und bei dem früher beschriebenen Versuch, wo acht Zersetzungsorte durch Einen Strom thätig gemacht wurden, und die in Bewegung begriffenen geladenen Lufttheilchen die einzigen elektrischen Mittel zur Verknüpfung dieser Theile des Stromes bildeten (469), scheint mir die Wirkung der Theilchen des Elektrolyten und der Luft wesentlich dieselbe zu sein. Ein Lufttheilchen wurde positiv gemacht; es wanderte in einer bestimmten Richtung, traf einen Elektrolyten und theilte ihm seine Kräfte mit; einen gleichen Betrag von positiver Kraft erlangte demgemäss ein anderes Theilchen (der Wasserstoff), und das letztere, so geladen, wanderte, wie es das frühere that, und in derselben Richtung, bis es zu einem anderen Theilchen kam, diesem Theilchen

*) Wenn man ein drei bis vier Zoll tiefes Metallgefäss, welches Terpentinöl enthält, isolirt und elektrisirt, und einen Stab mit einem Knopf von einem Zoll und mehr im Durchmesser in die Hand nimmt, so wird man, nach Eintauchung des Knopfes in die Flüssigkeit, wenn man ihn hin und her führt, bald die erzeugte mechanische Kraft verspüren.

seine Kraft und Bewegung übertrug, und so dasselbe thätig machte. Obwohl nun das Lufttheilchen einen sichtbaren und manchmal grossen Raum durchwandert, während das Theilchen des Elektrolyten nur einen ungemein kleinen zurücklegt; obwohl das Lufttheilchen aus Sauerstoff, Stickstoff oder Wasserstoff bestehen könnte und seine Ladung von einer sehr intensiven Kraft empfängt, während das elektrolytische Theilchen des Wasserstoffs eine natürliche Fähigkeit zur äusserst leichten Annahme des positiven Zustandes besitzt; obwohl das Lufttheilchen durch den einen Process mit sehr wenig Elektricität von sehr hoher Intensität geladen sein könnte, während das Wasserstofftheilchen mit viel Elektricität von sehr geringer Intensität geladen werden mag; — so sind dies doch für die endliche Entladungswirkung nicht Unterschiede in der Art, sondern nur im Grade, nicht wesentliche Unterschiede, welche Dinge ungleich machen, sondern solche Unterschiede, die Dingen von ähnlicher Natur jene grosse Mannigfaltigkeit verleihen, durch welche sie für ihren Dienst im System des Universums geschickt werden.

1624. Wenn sonach ein Theilchen von Luft oder in ihr schwebendem Staub, elektrisirt an einer negativen Spitze, sich vermöge des Einflusses vertheilender Kräfte (1572) zu der nächsten positiven Fläche bewegt, und nach der Entladung fortgeht, so scheint es mir genau das Sauerstofftheilchen vorzustellen, welches, nachdem es in dem Elektrolyten negativ gemacht worden, durch dieselbe Disposition der vertheilenden Kräfte fortgetrieben, und, zu der positiven Platinelektrode gehend, daselbst entladen wird, sich dann fortbegebend, wie es die Luft oder der Staub zuvor that.

1625. Wärme ist ein anderer directer Effect des Stroms auf Substanzen, in denen er vorkommt, und es wird für die Beziehung der elektrischen und wärmenden Kräfte eine sehr wichtige Frage, ob die letztere immer von festem Betrage sei*). Es giebt viele Fälle, selbst unter den ohne Zersetzung leitenden Körpern, welche einer solchen Annahme entgegen sind**),

*) Siehe *De la Rive*'s Untersuchungen. Bibl. univers. 1829, XL, p. 40. (Ann. Bd. XV S. 257.)

**) Unter andern: *Davy*, Philos. Transactions 1821, p. 438. *Peltier*'s wichtige Resultate, Annales de chimie. 1834, T. LVI, p. 371 (dies. Ann. Bd. XLIII, S. 324) und *Becquerel*'s nicht wärmender Strom. Biblioth. univers. 1835, T. LX, p. 218. (Ann. Bd. XXXVII, S. 433.)

doch giebt es auch viele, welche anzeigen, es sei, innerhalb gehöriger Grenzen, die erzeugte Wärme bestimmt. *Harris* hat dies, bei Anwendung gemeiner Elektricität, für eine gegebene Länge des Stroms in einem Metalldraht gezeigt*), und *De la Rive* hat dasselbe für Volta'sche Elektricität durch seine schöne Anwendung von *Breguet*'s Thermometer bewiesen**).

1626. Bei der Wärmeerregung in Elektrolyten, die in Zersetzung begriffen, sind die Resultate verwickelter. Wichtige Schritte in der Untersuchung dieses Zweiges des Gegenstandes sind von *De la Rive****) und Anderen†) gemacht worden, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass, innerhalb richtiger Grenzen, auch hier beständige und bestimmte Resultate erhalten werden.

1627. Ein höchst wichtiger Punkt im Charakter des Stroms, ein wesentlich mit seiner wahren Natur verknüpfter, besteht darin, dass er immer derselbe ist. Die zwei Kräfte sind überall in ihm. Niemals ist bloss Ein Strom von Kraft oder Eine Flüssigkeit vorhanden. Jeder Theil des Stroms kann, was das Dasein der beiden Kräfte daselbst betrifft, als genau derselbe mit jedem andern Theil betrachtet werden; und die zahlreichen Versuche, welche deren mögliche Trennung andeuten (*imply*), so wie die täglich gebrauchten Ausdrücke, welche dies annehmen, sind, glaube ich, im Widerspruch mit Thatsachen (511 u. s. w.). Es scheint mir eben so unmöglich, bloss einen Strom von positiver Kraft oder bloss einen von negativer Kraft, oder beide zugleich, aber den einen vorwaltend, über den andern, anzunehmen, als es unmöglich ist, der Materie eine absolute Ladung zu ertheilen (1169. 1177).

1628. Die Ueberzeugung von dieser Wahrheit, wenn sie, wie ich glaube, eine Wahrheit ist, oder andererseits die Widerlegung derselben, ist von grösster Wichtigkeit. Sind wir im

---

*) Phil. Transact. 1824, p. 225, 228.

**) Annal. de chim. 1836, LXII, p. 177. (Ann. Bd. XL. S. 379.)

***) Bibl. univers. 1829, XL, p. 49, und *Ritchie*, Phil. Transact. 1832, p. 296.

†) Besonders sind hier die Untersuchungen von Dr. *Riess* (Annal. Bd. XL, S. 321, Bd. XLIII, S. 47, Bd. XLV, S. 1) zu nennen, da sie ohne Widerrede unter allen über die Wärmewirkung der Elektricität angestellten allein für gründlich und genügend gelten können[25]). *P.*

Stande als erstes Princip festzustellen, dass die Centra der beiden Kräfte oder Kraftelemente niemals um eine merkliche Entfernung, oder jedenfalls nicht weiter als der Raum zwischen zwei angrenzenden Theilchen (1615) getrennt werden können, oder vermögen wir das Entgegengesetzte zu erweisen: wie viel klarer wird unsere Ansicht sein von dem, was vor uns liegt, um wie viel weniger schlüpfrig (*embarrassed*) der Boden, den wir zur Erreichung desselben zu überschreiten haben, als im Fall wir uns zwischen zwei Meinungen halten müssen! Und wenn wir, mit diesem Gefühle, jeden auf diesen Punkt abzielenden Versuch, so weit unsere Vorurtheile es zulassen (1161), strenge prüfen, statt mit einem theoretischen Ausdruck zu schnell über ihn hinwegzugehen: haben wir da nicht mehr Wahrscheinlichkeit, die bare (*real*) Wahrheit zu erreichen, und von da mit Sicherheit zu dem uns bis jetzt Unbekannten fortzuschreiten?

1629. Ich sage diese Dinge nicht, weil ich hoffe, eine besondere Ansicht aufzustellen, sondern um die Aufmerksamkeit Derer, die den Gegenstand zu untersuchen und zu beurtheilen fähig sind, zu dem hinzulenken, was ein Wendepunkt in der Theorie der Elektricität sein muss, zu einer Scheidung zweier Wege, von welchen nur der eine richtig sein kann; und ich hoffe, es wird mir erlaubt sein, etwas weiter einzugehen in die Thatsachen, die mich zu der eben gegebenen Ansicht hingetrieben haben.

1630. Wenn ein Draht in der Volta'schen Kette erhitzt wird, so steigt häufig die Temperatur zuerst und am meisten an einem Ende. Entspränge diese Erscheinung aus irgend einer Relation des Positiven oder Negativen in Bezug auf den Strom, so würde sie ungemein wichtig sein. Ich untersuchte deshalb mehrere solcher Fälle; allein wenn ich, die Berührungen des Drahts und seine Lage gegen benachbarte Körper ungeändert lassend, die Richtung des Stromes umkehrte, fand ich die Wirkung unverändert bleibend, ein Beweis, dass sie nicht von der Richtung des Stroms, sondern von andern Umständen abhing. So ist also hier kein Beweis von einem Unterschiede zwischen einem Theil der Kette und einem andern.

1631. Derselbe Punkt, d. h. die Gleichförmigkeit in jedem Theil, kann erläutert werden durch das, was sich, wenn der Strom besondere Effecte hervorbringt, als seine unerschöpfliche Natur betrachten lässt; denn diese Effecte hängen nur von Uebertragung ab, und verzehren nicht die Kraft. So erhitzt

ein Strom, der einen Zoll Platindraht erhitzt, auch hundert Zoll (853 Anmerkung). Wenn ein Strom in einem constanten Zustand gehalten wird, zersetzt er die Flüssigkeit, sei es in Einem Voltameter oder in zwanzig andern in die Kette gebrachten, in jedem zu gleichem Betrage mit dem in einem einzigen.

1632. Bei Fällen von zerreissender Entladung, wie im Funken, giebt es ferner häufig einen dunkeln Theil (1422), welcher vom Prof. *Johnson* neutraler Punkt genannt worden ist*), und dies hat den Gebrauch von Ausdrücken veranlasst, welche andeuten, dass daselbst zwei Elektricitäten getrennt existiren, welche, zu jenem Punkt gehend, sich vereinigen und gegenseitig neutralisiren**). Versteht man aber solche Ausdrücke so, als bewegte sich wirklich die positive Elektricität allein zwischen der positiven Kugel und jener Stelle, und die negative Elektricität nur zwischen der negativen Kugel und jener Stelle: in welchen sonderbaren Zuständen müssten sich dann diese Theile befinden, Zustände, die, meiner Ansicht nach, in jeder Hinsicht den wirklich vorkommenden ungleich sind! In solchem Fall bestände der eine Theil des Stroms bloss aus positiver Elektricität, die sich in einer Richtung bewegte, der andere bloss aus negativer Elektricität, die sich in umgekehrter Richtung bewegte, und ein dritter bestände aus einer Anhäufung beider Elektricitäten, die sich in keiner Richtung bewegten, sondern mit einander vermischten, und in einer Relation zu einander ständen, gänzlich verschieden von irgend einer, die in den beiden ersten Theilen der Entladung vorausgesetzt werden könnte. Dies scheint mir nicht natürlich zu sein. Welche Form die Entladung auch annehme, oder welchen Theil der Kette oder des Stroms man auch betrachte, so wird doch in einem Strom eben so viel positive Kraft in der einen Richtung ausgeübt als negative in der andern. Wenn dem nicht so wäre, so würden wir nicht bloss positiv und negativ elektrisirte Körper haben, sondern zuweilen den einen mit fünf, zehn, oder zwanzig Mal so viel positiver oder negativer Elektricität geladen finden als den andern. Bis jetzt ist jedoch eine solche Thatsache nicht bekannt[26]).

1633. Selbst für fortführende Entladungen muss der Satz, dass der Strom überall derselbe sei, in der That richtig sein (1627); denn wie könnten sonst die früher beschriebenen

---

*) *Silliman*'s Journal. XXV. 1834, p. 57.
**) *Thomson*, on Heat and Electricity, p. 471.

Resultate stattfinden? Als Luftströme die Entladungsweise zwischen den mit Jodkalium oder Glaubersalz befeuchteten Papierstücken constituirten (465. 469), trat Zersetzung ein, und seitdem habe ich mich überzeugt, dass die Abscheidung des Jods oder der Säure dieselbe ist, es mag ein Strom von positiver Luft von einem Orte ausgehen, oder einer von negativer dahingehen, während die umgekehrten Ströme Alkali ausscheiden. So verhält es sich auch bei den magnetischen Versuchen (307); geschehe die Entladung durch Einführung eines Drahts, oder das Auftreten eines Funken, oder den Uebergang fortführender Ströme entweder in dieser oder jener Richtung (*way*) (abhängig von dem elektrisirten Zustand der Theilchen), so ist doch das Resultat dasselbe, und in allen Fällen von der Vollkommenheit des Stromes abhängig.

1634. Der Querschnitt eines Stromes, verglichen mit andern Querschnitten desselben Stromes, muss also eine constante Grösse sein, wenn die ausgeübten Wirkungen von gleicher Art sind; oder wenn sie von ungleicher Art sind, müssen die Formen, unter welchen die Effecte erzeugt werden, zu einander äquivalent sein und sich experimentell nach Belieben in einander verwandeln lassen. Es ist also in den Querschnitten, wo wir die Identität der elektrischen Kraft suchen müssen, selbst in Querschnitten von Funken und fortführenden Wirkungen, so gut wie in denen von Drähten und Elektrolyten.

1635. Zur Erläuterung des Nutzens und der Wichtigkeit der Feststellung dessen, was das wahre Princip sein mag, will ich ein Paar Fälle anführen. Die Lehre von der Unipolarität, wie sie früher aufgestellt und, glaube ich, allgemein verstanden ward*), ist offenbar unverträglich mit meiner Ansicht vom Strom (1627), und die späteren, von *Erman***) und Anderen beschriebenen sonderbaren Erscheinungen an Polen und Flammen sind es nicht minder. Gäbe es einen unipolaren Körper, d. h. solchen, der bloss die eine und nicht die andere Elektricität leiten könnte: welch wahrhaft neue Charaktere wären wir dann nicht berechtigt in den sie durchdringenden Strömen von Einer Elektricität zu erwarten, und wie sehr müssten sie

---

*) *Erman*, Annales de chimie, 1807, T. LXI, p. 115 (*Gilb.* Ann. Bd. XXII, S. 14). *Davy*'s Elements, p. 168. *Biot*, Encycl. Brit. Supp. IV, p. 444. *Becquerel*, Traité, T. 1, p. 167. *De la Rive*, Bibl. univers. 1837, T. VII, p. 392. (Ann. Bd. XLII, S. 99.)

**) *Erman*, Annales de chimie, 1824, T. XXV, p. 278. *Becquerel*, ibid. T. XXXVI, p. 329.

abweichen, nicht bloss von dem gewöhnlichen Strom, in welchem wir beide Elektricitäten als gleichzeitig zu gleichem Betrage vorhanden und in entgegengesetzten Richtungen wandernd annehmen, sondern auch von einander? Die Thatsachen, obwohl vortrefflich, sind jedoch allmählich von *Becquerel**), *Andrews***) und Anderen richtiger erklärt; und, wie ich erfahre, hat Professor *Ohm****) in seiner genauen Untersuchung all der Phänomene das Werk vollendet, indem er gezeigt, dass nicht nur ähnliche Erscheinungen bei guten Leitern stattfinden können, sondern auch bei der Seife u. s. w. viele der Erscheinungen blosse Folgen der durch elektrolytische Action entwickelten Körper sind.

1636. Ich schliesse daher, dass die Thatsachen, auf welche die Unipolarität gegründet ward, nicht im Widerspruch stehen mit jener Einheit und Untheilbarkeit des Charakters, welche, wie ich behauptete, der Strom besitzt, eben so wenig als die Erscheinungen der Säule selbst, welche wohl einen Vergleich mit denen der unipolaren Körper ertragen, ihr entgegen sind. Wahrscheinlich stehen die Erscheinungen, welche als Fälle von Unipolarität angesehen wurden, so wie die schon erwähnten (1480. 1525) besonderen Verschiedenheiten der positiven und negativen Oberfläche bei Entladungen in Luft, Gasen und anderen Dielektricis, in beträchtlicher Relation zu einander†).

1637. Neuerlich hat *De la Rive* eine eigenthümliche und merkwürdige Wirkung der Wärme auf den zwischen Elektroden

*) *Becquerel*, Ann. de chim. 1831, T. XLVI, p. 238.

**) *Andrews*, Philosoph. Magaz. 1836, IX, p. 182. (Annalen, Bd. XLIII, S. 310.)

***) *Schweigger*'s Journal, 1830, Bd. LIX, S. 385. — Nicht deutsch verstehend, bekenne ich mit ungemeinem Bedauern, dass mir die vielen, in dieser Sprache veröffentlichten, sehr werthvollen Aufsätze über experimentelle Elektricität nicht zugänglich sind, ich ihnen also keine Gerechtigkeit widerfahren lassen kann. Ich ergreife auch diese Gelegenheit, um noch einen Umstand anzuführen, der mir grosse Sorge macht, und, wie ich erfahre, den Schein einer Rücksichtslosigkeit gegen die Arbeiten Anderer auf mich wirft, nämlich den allmählichen Verlust des Gedächtnisses seit einigen Jahren. Oft, wenn ich gegenwärtig einen Aufsatz lese, entsinne ich mich, dass ich ihn schon zuvor gesehen; und ich würde mich erfreut haben, wenn ich seiner zur rechten Zeit mich erinnert und im Fortgang meiner eignen Aufsätze erwähnt hätte. *M. F.*

†) Siehe auch *Hare* in *Silliman*'s Journ. XXIV, p. 246.

und einer Flüssigkeit übergehenden Strom beschrieben*). Sie besteht darin, dass, wenn Platinelektroden in gesäuertes Wasser tauchen, durch Erwärmung oder Erkältung der positiven Elektrode keine Veränderung in dem übergehenden Strom hervorgebracht wird, dass dagegen eine Erwärmung der negativen Elektrode die Ablenkung der Galvanometernadel von 12° auf 30° und selbst 45° erhöht, während eine Erkältung derselben den Strom in demselben Maasse sehr bedeutend schwächt.

1638. Dass die eine Elektrode diese auffallende Beziehung zur Wärme habe, und die andere ganz ohne dieselbe sei, schien mir eben so unverträglich mit meiner Ansicht vom Charakter des Stroms als mit der von Unipolarität (1627. 1635), und ich ging daher mit einiger Besorgniss an die Wiederholung des Versuchs. Die von mir angewandten Elektroden waren von Platin, der Elektrolyt war Wasser, das etwa ein Sechstel seines Gewichts Schwefelsäure enthielt, die Batterie bestand aus zwei Plattenpaaren von Platin und amalgamirtem Zink, in verdünnter Schwefelsäure stehend, und das Galvanometer in der Kette hatte zwei Nadeln, und gab bei Schliessung der Kette Ablenkungen von 10° bis 12°.

1639. Unter diesen Umständen bewirkte eine Erhitzung irgend einer der Elektroden eine Verstärkung des Stroms, die Erhitzung beider bewirkte dasselbe in höherem Maasse. Wenn beide heiss waren und eine abgekühlt wurde, nahm der Strom nach Verhältniss ab. Das Verhältniss der Wirkung, je nachdem diese oder jene Elektrode erhitzt wurde, war verschieden; allein im Ganzen schien Erhitzung der negativen den Uebergang des Stroms etwas mehr zu begünstigen als Erhitzung der positiven. Gleichgültig war es übrigens, ob die Erwärmung von unten durch eine Flamme, oder von oben mittels des Löthrohrs, durch heisses Eisen oder glühende Kohlen geschah.

1640. Nachdem ich so die Schwierigkeit für meine Ansicht vom Strom aus dem Wege geräumt hatte, setzte ich diesen sonderbaren Versuch nicht weiter fort. Wahrscheinlich rührt die Verschiedenheit zwischen meinen und *De la Rive*'s Resultaten von den relativen Werthen der angewandten Ströme her; denn ich wandte nur einen schwachen an, wie er aus zwei Paaren Platten von 2 Zoll Länge und 0,5 Zoll Breite entspringt,

*) Bibl. univers. 1837, VII, p. 388. (Annalen, Bd. XV, S. 107 und Bd. XLII, S. 99).

wogegen *De la Rive* vier Paar Platten von 16 Quadratzoll Oberfläche gebrauchte.

1641. Elektrische Entladungen in der Atmosphäre unter der Form von Feuerkugeln sind hin und wieder beschrieben worden. Dergleichen Erscheinungen scheinen mir unverträglich mit Allem, was wir von der Elektricität und ihren Entladungsweisen wissen. Da Zeit ein Element in dem Effect ist (1418. 1436), so ist es vielleicht möglich, dass eine elektrische Entladung wirklich als Kugel von Stelle zu Stelle rückt; allein da jeder Umstand zeigt, dass ihre Geschwindigkeit fast unendlich, und ihre Dauer ausserordentlich klein ist, so ist es unmöglich, dass das Auge etwas anderes als eine Lichtlinie sehe. Feuerkugeln mögen in der Atmosphäre erscheinen, ich will es nicht leugnen, dass sie aber irgend etwas mit der Entladung der gewöhnlichen Elektricität zu thun haben, oder irgend wie mit Blitzen oder atmosphärischer Elektricität zusammen hängen, ist noch zweifelhaft[27]).

1642. Alle diese und viele andere Betrachtungen helfen den mehr als einmal gezogenen Schluss bestätigen, dass der Strom ein untheilbares Ding ist, eine Axe von Kraft (*power*), in welcher in jedem ihrer Theile beide elektrische Kräfte (*forces*) zu gleichem Betrage vorhanden sind*) (517. 1627). Bei der Leitung und Elektrolysirung, und selbst bei der Funkenentladung wird eine solche Ansicht harmoniren, ohne irgend einer vorhergefassten Meinung zu schaden; allein bei der Fortführung tritt ein überraschenderes Resultat auf, welches daher betrachtet werden muss.

1643. Wenn zwei Kugeln, A und B, entgegengesetzt elektrisirt und innerhalb ihres gegenseitigen Einflusses gehalten werden, so wird, im Moment, wo man sie gegen einander bewegt, ein Strom, oder das was wir darunter verstehen, hervorgebracht. Mag sich nun A gegen B oder B in umgekehrter Richtung gegen A bewegen, so erfolgt ein Strom, und in

---

*) Ich freue mich, hier die von Hrn. *Christie* mit Magnetoelektricität erhaltenen Resultate (Phil. Transact. 1833, p. 113 Note) anführen zu können. In Betreff des Stroms in einem Draht bestätigen sie Alles, was zuvor behauptet worden.

beiden Fällen in gleicher Richtung. Werden *A* und *B* von einander bewegt, so wird ein Strom oder werden äquivalente Effecte in entgegengesetzter Richtung erzeugt.

1644. Da nun Ladung nur durch Vertheilung existirt (1178. 1299), und ein Körper, wenn er elektrisirt ist, nothwendig mit andern, im entgegengesetzten Zustand befindlichen Körpern in Relation steht, so werden, wenn man eine Kugel in der Mitte eines Zimmers elektrisirt und darauf in irgend einer Richtung bewegt, Effecte erzeugt, wie wenn ein Strom in derselben Richtung existirt hätte (um die übliche Ausdrucksweise zu gebrauchen), oder, wenn man die Kugel negativ elektrisirt und dann bewegt, werden Effecte hervorgebracht, wie wenn ein Strom von entgegengesetzter Richtung mit der der Bewegung gebildet worden wäre.

1645. Von einem einzelnen Theilchen oder von zweien gilt, was ich zuvor von vielen gesagt habe (1633). Wenn die frühere Erklärung von Strömen richtig ist, so muss das eben Angegebene ein nothwendiges Resultat sein. Und wiewohl die Angabe zuerst stutzig machen kann, so ist doch zu erwägen, dass, nach meiner Vertheilungstheorie, der geladene Leiter oder das geladene Theilchen mit dem entfernten im entgegengesetzten Zustand befindlichen, oder dem den Bereich der Vertheilung begrenzenden Leiter durch alle intermediären Theilchen verknüpft ist (1165. 1295), indem die letzteren genau so polarisirt werden wie die Theilchen eines starren Elektrolyten zwischen den beiden Elektroden. Folglich ist der Schluss hinsichtlich der Einheit und Einerleiheit des Stromes im Fall der Fortführung, vereint mit den früheren Fällen, nicht so seltsam als er anfänglich erscheinen mag.

1646. Bei der elektrolytischen Entladung giebt es eine merkwürdige Erscheinung, die, glaube ich, von Hrn. *Porrett* *) zuerst beobachtet worden ist, nämlich die Anhäufung der von dem Strom zersetzt werdenden Flüssigkeit an der einen Seite einer eingeschalteten Scheidewand. Es ist ein mechanischer Vorgang, und da die Flüssigkeit in allen bekannten Fällen von der positiven Elektrode zu der negativen geht, so scheint er eine Beziehung zu dem Polarisationszustand des den Strom leitenden Dielektricums zu errichten (1164. 1535). Er ist bis

*) Annals of Philosophy. 1816, VIII, p. 75.

jetzt noch nicht hinlänglich untersucht; denn *De la Rive* sagt, er erfordere, dass das Wasser ein schlechter Leiter, also destillirtes Wasser, sei, und trete bei starken Lösungen nicht ein*), wogegen *Dutrochet* das Gegentheil behauptet, und sagt, dass die Erscheinung nicht direct vom elektrischen Strom abhänge**).

1647. *Becquerel* hat die Gründe für und wider die Meinung, dass der Vorgang ein elektrischer sei, in seinem *Traité de physique* zusammengestellt***). Obwohl ich für jetzt keine entscheidende Thatsache anzuführen weiss, so kann ich doch nicht umhin die Meinung auszusprechen, dass der Vorgang sowohl der Verbindung als der Fortführung (1623) analog ist, dass es einen Fall von Fortführung darstellt, herrührend von der Relation der Scheidewand und der sie berührenden Flüssigkeit, durch welche gemeinschaftlich die elektrische Entladung vollzogen wird, und dass die schon angeführte (1482. 1503. 1525) besondere Relation von positiven und negativen, kleinen und grossen Oberflächen die directe Ursache sein mag, dass die Flüssigkeit und die Scheidewand in entgegengesetzten, aber bestimmten Richtungen wandern (*may be the direct cause of the fluid and the diaphragm travelling in contrary but determinate directions*). Ein in dieser Hinsicht sehr schätzbarer Versuch mit Thon ist von Hrn. *Becquerel* angestellt†).

1648. So lange die Worte Strom und elektro-dynamisch gebraucht werden, um diejenigen Relationen der elektrischen Kräfte, bei welchen eine Fortschreitung beider Fluide oder Effecte vorkommend angenommen wird (283), auszudrücken, so lange wird auch die Idee von Geschwindigkeit mit ihnen verknüpft sein, vielleicht noch specieller bei Annahme der Hypothese von einer oder mehreren Flüssigkeiten.

1649. Hieraus entsprang der Wunsch, diese Geschwindigkeit entweder geradezu oder durch einen von ihr abhängigen Vorgang zu messen, und unter denen, die dies direct versuchten, können besonders Dr. *Watson* i. J. 1748††) und

---

*) Ann. de chim. 1825, XXVIII, p. 196.
**) Ann. de chim. 1832, XLIX, p. 423.
***) Vol. IV, p. 197, 192.
†) Traité de physique, I, p. 285.
††) Philos. Transact. 1748.

Wheatstone i. J. 1834*) genannt werden. Bei den früheren Versuchen setzte man voraus, die Elektricität werde den Apparat von einem Ende zum andern durchlaufen; bei den späteren scheint man zuweilen eine Unterscheidung gemacht zu haben zwischen der Transmission des Effects und der des angenommenen Fluidums, dessen Theilchen durch ihre Bewegung jenen Effect hervorbringen.

1650. Die elektrolytische Action hängt mit der Frage über die Geschwindigkeit des Stromes merkwürdig zusammen, besonders verbunden mit der von einer oder mehreren elektrischen Flüssigkeiten. Bei ihr geschieht offenbar, mit der Uebertragung eines jeden Theilchens des Anions oder Kations auf die nächsten Theilchen des Kations oder Anions, eine Uebertragung von Kraft; und da der Betrag der Kraft bestimmt ist, so haben wir auf diese Weise Mittel, die Kraft gleichsam zu lokalisiren (*localizing*), durch das Theilchen zu identificiren und in successive Portionen auszutheilen (*dealing out*), was, glaube ich, zu sehr auffallenden Resultaten führt.

1651. Gesetzt, dass Wasser durch die Kräfte einer Voltaschen Batterie zersetzt werde. Jedes Wasserstofftheilchen, so wie es sich in einer Richtung bewegt, oder jedes Sauerstofftheilchen, so wie es in entgegengesetzter wandert, führt einen gewissen Betrag von elektrischer Kraft, die mit ihm in der Form von chemischer Verwandtschaft (822. 852. 918) verbunden ist, vorwärts durch eine Strecke, welche gleich ist der, die das Theilchen selbst zurückgelegt hat. Diese Fortführung ist begleitet von einer entsprechenden Bewegung der elektrischen Kräfte in jedem Theil der Kette (1627. 1634), und ihre Effecte können in jeglichen, noch so fernen Querschnitten des Stroms, z. B. durch die Erwärmung eines Drahts (853) abgeschätzt werden. Ist das Wasser ein Würfel von einem Zoll in Seite, haben die Elektroden jede einen Quadratzoll Oberfläche und einen Zoll Abstand, so kann man annehmen, dass, während ein Zehntel oder 25,25 Gran des Wassers zersetzt wird, die Sauerstoff- und Wasserstofftheilchen sich, innerhalb der ganzen Masse, um einen Zehntelzoll in entgegengesetzter Richtung bewegt haben, d. h. dass zwei anfangs verbundene Theilchen nach der Bewegung einen Zehntelzoll auseinanderstehen. Anderweitige Bewegungen in der Flüssigkeit werden dies Resultat durchaus nicht stören; denn sie

---

*) Philos. Transact. 1748, p. 583. (Ann. Bd. XXXIV, S. 464.)

haben keine Macht die elektrische Entladung zu beschleunigen oder zu verzögern, haben in der That nichts mit ihr zu schaffen.

1652. Die Elektricitätsmenge in 25,25 Gran Wasser beträgt, nach einer früher (861) von mir gemachten Abschätzung der Kraft, nahe 24 Millionen Ladungen einer grossen Leidner Batterie, oder würde einen Platindraht von $\frac{1}{104}$ Zoll Dicke und irgend einer Länge anderthalb Stunden lang rothglühend erhalten (853). Dies, obwohl nur als eine Annäherung gegebene Resultat habe ich keinen Grund gehabt zu ändern, und ist im Allgemeinen durch die Versuche und Resultate von *Pouillet* bestätigt*). Nach *Wheatstone*'s Versuchen würden die Wirkungen des Stroms innerhalb einer Secunde in einer Entfernung von 576 000 engl. Meilen erscheinen**). Wir haben also, nach dieser Betrachtungsweise, auf der einen Seite eine ungeheure Menge Kraft, dem zerstörendsten Gewitter gleich, die augenblicklich in 576 000 engl. Meilen von ihrer Quelle erscheint, und auf der andern Seite eine stille Wirkung, zu deren Ausübung die Kraft anderthalb Stunden gebraucht, um eine Strecke von einem Zehntelzoll zurückzulegen; und doch sind dies Aequivalente zu einander, Wirkungen, die an den Querschnitten eines und desselben Stroms beobachtet werden (1634).

1653. Es ist Zeit, dass ich die Aufmerksamkeit auf die Seiten- oder Querkräfte des Stromes lenke. Die grossen Entdeckungen *Oersted*'s, *Arago*'s, *Ampère*'s, *Davy*'s, *De la Rive*'s und Anderer, so wie der hohe Grad von Vereinfachung, welche durch die Theorie von *Ampère* darin eingeführt worden ist, haben diesen Zweig der Wissenschaft nicht nur ungemein rasch gefördert, sondern ihm auch eine solche Aufmerksamkeit gesichert, dass es nicht nöthig ist, zu dessen Verfolgung aufzufordern. Ich meine natürlich die magnetischen Wirkungen und deren Beziehungen; sie ist die einzige bekannte Seitenwirkung des Stroms; allein man hat starken Grund zu glauben, dass es noch andere giebt, die durch ihre Entdeckung das Suchen nach ihnen belohnen würden (951).

---

*) *Becquerel*, Traité, V, p. 278. (Ann. Bd. XLII, S. 303.)
**) Philos. Transact. 1834. (Ann. Bd. XXXIV, S. 464.)

1654. Die magnetische und transversale Richtung des Stroms scheint in einem sehr ausserordentlichen Grade unabhängig zu sein von den Veränderungen oder Wirkungsweisen, welche er direct darbietet; sie hat deshalb um so mehr Werth für uns, als sie uns eine höhere Relation von Kraft (*relation of power*) giebt, denn irgend eine andere, die mit der Entladungsweise sich verändert haben würde. Diese Entladung, geschehe sie nun durch Leitung in einem Draht mit unendlicher Geschwindigkeit (1652) oder durch Elektrolysirung mit der entsprechenden und ungemein langsamen Bewegung (1651) oder durch Funken, vielleicht selbst durch Fortführung, erzeugt eine transversale magnetische Wirkung, die in der Art und Richtung immer dieselbe ist.

1655. Verschiedene Experimentatoren haben gezeigt, dass, bei einer Entladung von gleicher Art, der Betrag der seitlichen oder magnetischen Kraft sehr constant ist (366. 367. 368. 376). Vergleichen wir indess Entladungen verschiedener Art, des wichtigen Zweckes halber, um zu ermitteln, ob derselbe Betrag des Stroms in seinen verschiedenen Formen denselben Betrag von Querwirkung ausübe, so finden wir die Angaben sehr unvollständig. *Davy* giebt an, dass der elektrische Strom, während er durch eine wässrige Lösung geht, auf die Nadel wirkt*), und *Ritchie* sagt, der Strom in dem Elektrolyt sei so magnetisch als der in dem Metalldraht, und er brachte Wasser um einen Magnet zur Rotation, wie ein den Strom leitender Draht rotiren würde**).

1656. Zerreissende Entladung bringt ihre magnetischen Effecte hervor. Ein starker Funke quer über eine Stahlnadel geleitet, magnetisirt dieselbe, wie wenn die Elektricität des Funkens durch einen in die Entladungslinie gelegten Draht geleitet worden wäre. Und Sir *Humphry Davy* hat gezeigt, dass im Vacuo die Entladung einer Volta'schen Batterie eine Einwirkung und Bewegung von genäherten Magneten erfährt***).

1657. So stimmen denn die drei sehr verschiedenen Entladungsweisen: Leitung, Elektrolysirung und zerreissende Entladung, darin überein, dass sie das wichtige Transversalphänomen des Magnetismus hervorbringen. Ob auch die

---

*) Philos. Transact. 1821, p. 426.
**) Ibid. 1832, p. 294. (Ann. Bd. XXVII, S. 552.)
***) Ibid. 1821, p. 427.

Fortführung oder fortführende Entladung dasselbe Phänomen erzeugt, ist noch nicht ermittelt, und die wenigen Versuche, die ich bis jetzt zu machen Zeit hatte, erlauben mir nicht die Frage zu bejahen.

1658. Nachdem ich in der Betrachtung des Stroms und in dem Bemühen, die Erscheinungen desselben als Beweise der Wahrheit oder Trüglichkeit der von mir aufgestellten Vertheilungstheorie anzuwenden, bis zu diesem Punkte gekommen bin, fühle ich mich sehr aufgelegt zu einigen Speculationen über die Seitenwirkung desselben und deren möglichen Zusammenhang mit dem Querzustand der gewöhnlichen Vertheilungslinien (1165. 1304). Lange suchte ich und suche noch nach einem Effect oder Zustand, der für die statische Elektricität das wäre, was die magnetische Kraft für die strömende Elektricität ist; denn da die Entladungslinien mit einem gewissen Transversaleffect verknüpft sind, so schien es mir unmöglich, dass nicht auch die Linien der Spannung oder Vertheilungswirkung, welche der Entladung nothwendig vorhergehen müssen, ihren entsprechenden Transversalzustand oder Effect (951) haben sollten.

1659. Nach der schönen Theorie von *Ampère* kann die Querkraft eines Stroms vorgestellt werden durch ihre Anziehung eines gleichlaufenden Stroms und ihre Abstossung eines entgegengesetzten Stroms. Kann nun nicht die entsprechende Querkraft der statischen Elektricität vorgestellt werden durch jene seitliche Spannung oder Abstossung, welche die Linien der Vertheilungswirkung zu besitzen scheinen? (1304). Wenn ferner zwischen zwei Körpern, die zuvor in vertheilenden Beziehungen zu einander standen, ein Strom oder eine Entladung eintritt, so werden die Linien der Vertheilungskraft schwächer (*will weaken and fade away*), und da ihre seitliche repulsive Spannung abnimmt, ziehen sie sich zusammen und verschwinden zuletzt in der Entladungslinie. Könnte dies nicht ein mit der Anziehung zwischen gleichlaufenden Strömen identischer Effect sein? d. h. könnte nicht der Uebergang der statischen Elektricität in strömende, und der Uebergang der Seitenspannung der Linien der Vertheilungskraft in Seitenanziehung der Linien gleichgerichteter (*similar*) Entladungen in derselben Beziehung und Abhängigkeit stehen und einander parallel laufen?

1660. Die Vertheilungserscheinungen, die ich vor einigen Jahren das Glück hatte zwischen Strömen zu entdecken (6 ff. 1048), kann hier vielleicht ein Verbindungsglied in der Reihe der Effecte bilden. Wenn ein Strom entsteht, sucht er in aller umgebenden Materie einen Strom von entgegengesetzter Richtung zu erzeugen, und wenn diese Materie Leitungsfähigkeit besitzt und sonst von geeigneter Beschaffenheit ist, wird ein solcher Strom erzeugt. Wenn dagegen ein solcher Strom aufhört, sucht er in der ganzen Umgebung einen Strom von gleicher Richtung zu erregen, und bringt ihn in leitender Substanz von gehöriger Anordnung wirklich hervor.

1661. Obwohl wir nun die Effecte nur in dem Theil der Materie wahrnehmen, welcher in der Nachbarschaft ist und Leitungsfähigkeit besitzt, so ist es mir doch nach Hypothese sehr wahrscheinlich, dass auch nichtleitende Materie ihre Relationen zu der störenden Ursache habe und von ihr eine Einwirkung erleide, obgleich wir diese bis jetzt nicht entdeckt haben. Hin und wieder ist gezeigt worden, dass die Relation der Leiter und Nichtleiter nicht eine von entgegengesetzter Art, sondern bloss eine im Grade verschiedene sei (1363. 1603); und deshalb ist es hierdurch so gut wie durch andere Gründe wahrscheinlich, dass das, was auf einen Leiter wirkt, auch wirkt auf einen Isolator, und dasjenige hervorbringt, was den Namen des elektrotonischen Zustandes verdient (60. 242. 1114).

1662. Es ist das Gefühl der Nothwendigkeit eines gewissen Seitenverbandes zwischen den Linien der elektrischen Kraft (1114), des Mangels eines gewissen, bisher nicht wahrgenommenen Gliedes in der Kette der Wirkungen, was mich zur Aeusserung dieser Speculationen antreibt. Dasselbe Gefühl hat mich häufig veranlasst, isolirende Dielektrica von ungleichen Vertheilungsfähigkeiten (1270. 1277) so zwischen Magnetpole und durch Drähte gehende Ströme zu bringen, dass sie die Linien der magnetischen Kräfte kreuzen mussten. Ich habe solche Körper in Ruhe und in Bewegung angewandt, ohne bis jetzt irgend einen von ihnen hervorgebrachten Einfluss entdecken zu können; allein ich halte diese Versuche nicht für genau genug, und beabsichtige sie im Kurzen entscheidender zu machen.

1663. Ich glaube die hypothetische Frage kann für jetzt folgendermaassen gestellt werden: Können Betrachtungen, wie die schon allgemein ausgedrückten (1658), die Querwirkungen

elektrischer Ströme erklären? Stehen zwei solcher Ströme bloss durch die Vertheilungsfähigkeit der zwischen ihnen befindlichen Körpertheilchen in Relation mit einander, oder sind sie in Relation durch eine höhere Qualität und Condition (1654), welche, wie die Schwerkraft, in die Ferne und nicht durch intermediäre Theilchen wirkend, keine Relation zu ihnen hat?

1664. Ist letzteres der Fall, dann sind, wenn Elektricität auf und in Materie wirkt, ihre directe und ihre transversale Wirkung wesentlich verschieden in ihrer Natur; denn die erste wird, wenn ich nicht irre, auf angrenzenden Theilchen beruhen, die letztere aber nicht. Wie ich zuvor gesagt, mag dem so sein, und ich neige für jetzt zu dieser Ansicht; allein ich möchte rathen darüber nachzusinnen, warum dem nicht so sein mag, damit die Frage durch und durch erwogen werde.

1665. Die Querkraft hat einen Charakter von Polarität. In der einfachsten Gestalt erscheint sie als Anziehung oder Abstossung, je nachdem die Ströme gleiche oder entgegengesetzte Richtungen besitzen. Im Strom und im Magnet nimmt sie die Beschaffenheit von Tangentialkräften an, und in Magneten und deren Theilchen erzeugt sie Pole. Seit den Versuchen, die mich überzeugt haben, dass die Polarkräfte der Elektricität, wie bei der Vertheilung und elektrolytischen Action (1298. 1343) nur vermöge angrenzender polarisirter und dazwischenliegender Theilchen in die Ferne wirken, bin ich zu der Erwartung geführt, dass alle Polarkräfte in derselben allgemeinen Weise wirken, und die übrigen Arten von Erscheinungen, welche mit diesem Gegenstand in Verbindung gebracht werden können, scheinen geeignet, diese Erwartung zu verstärken. So werden bei Krystallisationen die Erscheinungen von Theilchen zu Theilchen verpflanzt, und auf diese Weise entsteht in Essigsäure oder gefrierendem Wasser ein Krystall von wenigen Zollen oder selbst eine Gruppe von einem Fuss in weniger als einer Secunde, allein allmählich und durch eine Transmission der Kraft von Theilchen zu Theilchen. So weit ich mich erinnere, giebt es, ausser dem in Rede stehenden, keinen Fall von Polaraction oder keinen daran theilnehmenden, wo die Wirkung nicht durch angrenzende Theilchen geschehe*). Es ist scheinbar die Natur der Polarkräfte, dass dies der Fall sei;

---

*) Unter angrenzenden (*contiguous*) Theilchen verstehe ich die, welche einander am nächsten sind, nicht dass kein Raum zwischen ihnen sei (1616).

denn die eine Kraft findet oder entwickelt die entgegengesetzte Kraft nahe bei sich, und hat daher keine Gelegenheit sie in der Ferne zu suchen.

1666. Verlassen wir indess die hypothetischen Betrachtungen über die Natur der Seitenwirkung und kehren zu den directen Wirkungen zurück, so glaube ich, dass die in diesem und den beiden vorhergehenden Aufsätzen untersuchten und beurtheilten Erscheinungen die anfangs (1164). gefasste Ansicht zu bestätigen trachten, nämlich dass die gewöhnliche Vertheilung und die davon abhängigen Wirkungen herrühren von einer Wirkung der angrenzenden Theilchen auf das Dielektricum zwischen den geladenen Flächen oder Theilchen, welche gleichsam die Grenzen des Effects ausmachen. Der grosse Punkt der Unterscheidung und Macht (wenn sie eine hat) in der Theorie ist, dass sie das Dielektricum von wesentlicher und specifischer Wichtigkeit macht, statt es gleichsam einen bloss zufälligen Umstand oder einen Stellvertreter des Raums sein zu lassen, der auf die Erscheinungen nicht mehr Einfluss hat als der Raum, den es einnimmt. Ich besitze noch andere, mit gegenwärtiger Theorie verknüpfte Resultate und Ansichten über die Natur der elektrischen Kräfte und deren Erregung, und wenn sie nicht durch fernere Betrachtungen bei mir im Werthe sinken werden, will ich sie sehr bald zu einer neuen Reihe dieser elektrischen Untersuchungen anordnen.

Anmerkungen.

1) *Zu S. 3.* Diese Abhandlung ist vom 23. December 1837 unterzeichnet und in den Phil. Transact. n. 1838, I. pag. 83 bis 123 erschienen. Es ist das der erste Versuch, die verschiedenen Arten der Entladung übersichtlich zu ordnen. Die vom Verfasser aufgestellten Gesichtspunkte haben zum Theil heute noch Geltung und treten neuerdings wieder ins Interesse der Forscher in Folge der grossartigen Entdeckungen im ganzen Gebiete elektrischer Strahlung.

2) *Zu S. 3.* Dieses bezieht sich auf die Angriffe gegen eine Theorie der elektrischen Fernwirkung auf Grund der Kraftlinientheorie und dielektrischen Erscheinungen.

3) *Zu S. 5.* Herausgeber fand Glasarten, die so gut leiten, dass man durch die Glasdicke hindurch einen constanten galvanischen Strom erhalten konnte (s. Wied. Ann. Bd. II, pag. 308).

4) *Zu S. 6.* Die Originalität dieser Ansicht muss vollauf gewürdigt werden. Sie hat sich bewährt und gilt jetzt allgemein für richtig. Der Gegensatz von Leitung und Isolation ist nur ein quantitativer.

5) *Zu S. 8.* Herausgeber hat *Wheatstone*'s Versuch wiederholt und vielfach verändert. Hier sei nur erwähnt, dass die sichtbarste Verzögerung des mittleren Punktes am einfachsten erhalten werden kann, wenn man die Capacität der beiden Schaltdrähte vermehrt, was durch Verbindung irgend eines Punktes einer jeden der beiden Leitungsdrähte mit der Innenbelegung einer abgeleiteten Leidener Flasche geschehen kann. Die Versuche wurden nicht veröffentlicht.

6) *Zu S. 10.* Das wäre der in vorstehender Anmerkung angedeutete Versuch, dessen Ausführung *Faraday*'s Voraussage bestätigte. Ich habe auf der matten Glastafel im objectiven

Bilde Verzögerungen des mittleren Funkens bis zu 20 mm beobachtet und photographirt.

7) *Zu S. 14.* Spätere Forschungen haben indess gezeigt, dass solch eine Stromstärkenschwelle für den Beginn des Stromes nicht vorhanden ist; dadurch wurde *Clausius* auf eine stets vorhandene Dissociation der gelösten Substanzen geführt. Erst *Arrhenius* fand, dass diese Dissociation nicht bloss in geringem Gerade, wie *Clausius* annahm, sondern je nach der Concentration bis zu 100 Procent, also vollständig dissociirt, stattfand.

8) *Zu S. 16.* Gerade diese »Schwächung der Kräfte« oder wie wir heute sagen würden, diese Ueberwindung chemischer Energie ist es, die wir heute nicht mehr annehmen in Folge stets vorhandener Dissociation.

9) *Zu S. 19.* Dies ist ein Irrthum, der vermuthlich auf gar zu geringe Empfindlichkeit der Messapparate zurückzuführen ist. Auch das Silbervoltameter zeigt nicht sofort den Strom an in Folge von Gasabsorption an den Elektroden und wohl auch im Elektrolyten.

10) *Zu S. 19.* Heutzutage sehr merklich im Galvanometer.

11) *Zu S. 19.* Letzteres für Gummi und Zucker ist richtig. Aber diese Stoffe sind nicht dissociirt.

12) *Zu S. 20.* Das entstandene Salmiak ist stark dissociirt. Die nachfolgende Anspielung auf Legirungen konnte nur auf Irrwege führen.

13) *Zu S. 20.* Das ist unterdess geschehen. Die Dissociation ist meist nicht mehr in festem Zustande vorhanden.

14) *Zu S. 22.* Diese Beziehung gilt indess nur für kleine Schlagweiten bis etwa 3 mm.

15) *Zu S. 27.* Schon *Volta* wandte die Flamme elektrometrisch an.

16) *Zu S. 37.* Eine Bestätigung dieser Anschauung brachten die schönen photographischen Abbildungen der beim rotirenden Spiegel abgebildeten Funken in *Feddersen*'s Versuchen. Dem geschwungenen parabolischen Laufe der glühenden Metalltheilchen ging eine feine Lichtlinie ohne Leuchtdauer voran. Diese Linie bewies das gleichzeitige Zerreissen der Luft in einem Luftfaden zwischen beiden Kugeln; erst später beginnt das Fortschleudern der Metalltheilchen. Auch hatte bei noch so grosser Rotationsgeschwindigkeit des Spiegels die Lichtlinie keine messbare Breite (s. Pogg. Ann. 115, Taf. I, Fig. 14, 17, 19 etc.).

